



سـام كيـن
SAM KEAN

المِلعَقةُ المختفيَةُ

The Disappearing Spoon

وقصصٌ أخرى حقيقيةٌ، في الجنونِ، والحُبِّ،
وتاريخِ العالم من الجدولِ الدوريِّ للعناصر الكيميائية

ترجمة: بنـدر الحـربي

المِلعَقةُ المختفيَةُ

THE DISAPPEARING SPOON

وقصصٌ أخرى حقيقيةٌ، في الجنونِ، والحُبِّ،
وتاريخِ العالم من الجدولِ الدوريِّ للعناصر الكيميائية

تأليف
سـام كيـن

تـرجـمة: بنــدر الحــربي



الطبعة الأولى

1435 هـ - 2014ã

9-2110-02-614-978 :NBSI

مقدمة المترجم

كان أينشتاين يقول دائمًا إنَّ أيَّ نظرية جديدة لا تقوم على صورة فيزيائية، على قَدرٍ من البساطة حيث يمكن لطفل صغير أنْ يفهمها؛ هي على الأرجح غير ذات قيمة.

في عام 1661، وضع عالِمٌ كيميائيٌّ - يُدعى روبرت بويل - حجرَ الأساس في منهج الكيمياء الحديثة من خلال كتابه «الكيميائيُّ الشكّاك». كان هذا الكتاب بمثابة صفعةٍ قوية، وُجِّهتْ إلى ممارسة الخيمياء والخرافات القديمة. ووصَف بويل كيمياءه بأنها شكاكة؛ لأنها ترفض التسليمَ بجميع التفسيرات الغيبية، والخصائص السحرية للعناصر الكيميائية.

ومنذ صدور الكتابِ الأول القائم على المنهج العلميِّ، بدأ العلماءُ في اكتشاف المزيد من العناصر الكيميائية وترتيبها في جدول دوريّ؛ ذلك الجدول الذي توَّج إنجازًا من أعظم الإنجازات الفكرية للبشرية، حيث كشفتْ الخصائصُ «السحرية» للعناصر - بوضوح أكثر - عن أدوارها في كل أوجُه الحياة: في جسم الإنسان، وفي مشاعره، وفي عقله، وفي بيئته. كما أسهمتْ في تأسيس العلوم المختلفة، وقادت الاقتصاد، ووجهت السياسة، قامت بكل ذلك وهي تحمل ما يحمله الإنسانُ من صفات الخير والشر، وما فيه من متناقضات؛ كالإخلاص والخداع، والرحمة والقسوة، وبتأثيرٍ تجاوَزَ الإنسانَ إلى جميع الأحياء، بل إلى آفاق الكون الواسع، بشكل مثير وبمقادير موزونة، ينكشف معها شيء من تقدير الله العجيب في الخلق، وتدبيره الدقيق في الكون،

حيث يدرك البشر شيئًا من مدلولات قوله تعالى: [وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَّرَهُ تَقْدِيرًا] [الفرقان: 2].

يحاول كتابُ المِلعقةُ المختفيةُ أنْ يُبرِزَ لنا هذه الخصائص، ويقصَّ علينا بعباراتٍ نابضة بالحياة أدوار العناصر المختلفة في الجدول الدوريِّ، وعلاقتها الوطيدة بالتاريخ والأدب وعلم الصرف والأساطير وعلم السموم والجنون والحب وعلم النفس والإشعاع وغيرها... إنَّ هذا الكتابَ أكثر بكثير من مجرد دليل مكتوب ببراعة عن الجدول الدوريِّ؛ فلقد قدَّم أفكارًا رائعة وحديثة عن تاريخ العناصر، وسلوكها، وكيفيّة اكتشافها، والدور الكبير الذي تلعبه في حياتنا.

هذا الكتاب سيأخذنا برحلة شيِّقة مع عناصر الجدول الدوريِّ الكيميائية - من المجرّات الشاسعة في علم الكون، إلى الجسيمات دون الذرية في ميكانيكا الكم - كتبه

الفيزيائيُّ سام كين بدقة وبساطة؛ ليفهمه طفل أينشتاين الصغير.

بندر الحربي

المقدمة

Hg 80 200.592

عندما كنتُ طفلاً، في أوائل الثمانينيات، كانت لديَّ عادةٌ غريبةٌ؛ وهي التحدُّثُ مع الأشياء التي توضع عادةً في فمي؛ مثل الطعام، وأنابيب طبيب الأسنان، والبالونات التي تُنفخ وتُطير في الهواء، وأشياء أخرى.

كان هذا يحدُث دائمًا عندما أكون بمفردي ولا أحد برفقتي. هذه العادة قادتني إلى الافتتان بالجدول الدوريِّ للعناصر الكيميائية، حيث بدأ ذلك الافتتان عندما تُرِكتُ وحيدًا؛ بعد أنْ سقطتُ طريحَ الفراش ومصابًا بالحُمى في أحد الأيام، ومقياس الحرارة عالقٌ تحت لساني يقيس الحرارة الناتجة عن التهاب الحلق الذي تكررت إصابتي به عشرات

المرات عندما كنتُ في الصف الثاني والصف الثالث الابتدائيّ. في فترة الإصابة بهذه الحمى، كنتُ أعاني من صعوبة في البلع، تزول حين أُشفى. وبالطبع، لم أكن أمانع التغيُّب عن المدرسة والبقاء في المنزل للاستشفاء بتناول آيس كريم الفانيلا والشكولاتة السائلة. ليس هذا فقط، فعندما أكون مريضًا تُتاح لي فرصة أخرى لا تقل أهمية عن تناول الآيس كريم، وهي كسْر مقياس الحرارة الزئبقيِّ القديم!

كثيرًا ما كنتُ - وأنا مستلقٍ على الفراش، ومقياس الحرارة الزجاجيُّ تحت لساني - أجيبُ بصوت مسموع على أسئلة خيالية تراودني؛ فينزلق مقياسُ الحرارة من فمي ويتهشم على أرضية الغرفة، فيتفرقُ السائل الزئبقيُّ من الزجاجة على الأرض على شكل كرات متدحرجة. وبعد لحظات، تأتي والدتي وتجثو على ركبتيها على الأرض - على الرغم من آلام التهاب المفاصل - وتبدأ في لملمة تلك الكرات،

مستخدِمةً ملقط أسنان وكأنه مضربٌ لكرة الهوكي، وفي حركات فنية متمرسة تبدأ بدفع الكرات الدبقة من جهة إلى أخرى حتى تلتصق جميعها، وفجأة، بآخر ضربة، تبتلع كرةٌ منها الكراتِ الأخرى؛ فترتج كرة القطعة الواحدة وتصبح اثنتين مرة أخرى. وتقوم أمي مرة أخرى بهذا العمل السحريِّ مرارًا وتكرارًا على أرضية الغرفة؛ الكرة الكبيرة تبتلع الكُريات الأخرى حتى تكتمل لتكوِّن الحَبَّة الفضية.

كانت أمي عندما تجمع كلَّ كرات الزئبق، تضعها في زجاجة دواء بلاستيكية فارغة ذات ملصق أخضر؛ تلك التي وضعناها على رفِّ التحف الرخيصة في المطبخ، بين دُمية الدُّبِّ وعصا الصيد والكوب الخزفيِّ الأزرق منذ لقاء العائلة في عام 1985. وبعد أنْ تُنزِل الزجاجةَ من الرف، تقوم بدحرجة الكرة الفضية فوق مغلف، لتصب بحذر آخر كتلة زئبق قيِّمة من ميزان الحرارة بحجم حبة الجوز فيها.

في بعض الأوقات، قبل إخفاء الزجاجة بعيدًا، كانت تقوم بصبِّ السائل الزئبقيِّ فوق غطاء الزجاجة، وتطلب منّي أنا وإخوتي أنْ نشاهد المعدنَ الخياليَّ وهو يخفق بشكل دائريٍّ، كان دائمًا ينقسم ويندمج بشكل كامل. وقتها تذكرتُ الأطفالَ الذين لا تسمح لهم أمهاتهم بأكل التونة خوفًا من الزئبق، وشعرتُ بالأسف لحالهم!

كيميائيّو القرون الوسطى اعتبروا الزئبقَ أقوى العناصر وأكثرها شاعريةً في الكون، هذا بالرغم من شغفهم بالذهب! وبخيال الأطفال كنتُ أوافقهم على هذا الرأي. كما كنتُ أعتقد أيضًا - كما اعتقدوا - أنَّ هذا العنصر يخالف التصنيفات المألوفة من المواد السائلة والصلبة، والمعدن والماء، والعناصر الخبيثة والرحيمة؛ وأنَّ له خصائصَ روحانية.

وقد علمتُ لاحقًا أنَّ الزئبق كذلك لأنه عنصر؛ بخلاف الماء (H_2O)، أو ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، أو أيِّ شيء نراه في حياتنا اليومية تقريبًا؛ إذ إنك لا تستطيع فصل الزئبق بشكل طبيعيٍّ إلى وحداتٍ أصغر. في الواقع، يُعدُّ الزئبق أحد العناصر التي تكوِّن نظامًا موحدًا؛ فذرّاته تريد أنْ تكون فقط بمرافقة ذرات زئبق أخرى، وتقلل الاتصال بالعالم الخارجيِّ من خلال الربض في الجسم الكرويِّ. أغلب السوائل التي أرقتُها عندما كنتُ صغيرًا لم تكن مثل هذا السائل؛ فالماء يسيل بكلِّ اتجاه، وكذلك الزيت، والخلُّ، والجيلي غير المجمد، أما الزئبق فلا يبرح مكانَه.

كان والدايَ يحذرانني دائمًا ويطلبان مني انتعال الحذاء عندما أُسقِطُ ميزانَ الحرارة؛ لوقاية قدميَّ من شظايا الزجاج

المتناثرة غير المرئية، ولكنني لا أتذكر أيَّ تحذيرات منهما بشأن الزئبق الشارد.

لفترة طويلة من الزمن، ظللتُ أبحث عن العنصر ذي الرقم ثمانين في المدرسة وفي الكتب، وكأنني أبحث عن اسم صديق طفولة في الصحيفة. أنا أنتمي إلى منطقة السهول الكبرى، ولقد تعلمتُ في درس التاريخ أنَّ لويس وكلارك [1] قد سافرا برحلة طويلة عبر داكوتا الجنوبية والمناطق الأخرى من منطقة لويزيانا وهما يحملان معهما جهاز ميكروسكوب، وبوصلاتٍ، وآلات السُدس، وثلاثة مقاييس للحرارة، وأجهزة أخرى.

ما لم أكن أعرفه في البداية هو أنهما أيضًا حملا معهما ستمائة مسهِّل زئبقيٍّ للأمعاء، كلٌّ واحد منها يبلغ حجمه أربعة أضعاف حجم قرص الأسبرين. تلك المسهِّلات كانت تسمّى أقراص الطبيب راش بيليس؛ تيمنًا باسم بنيامين راش [2]

أحد الموقِّعين على إعلان الاستقلال، والطبيب البطل الذي صمد بشجاعة وبقي في فيلادلفيا أثناء وباء الحمى الصفراء الذي اجتاحها في عام 1793ã.

كان علاجُه المفضل دائمًا لأيٍّ مرض هو رواسب كلوريد الزئبق الذي يؤخذ عن طريق الفم. وبالرغم من تقدُّم صنع الأدوية على الإجمال في الفترة بين عامي 1400 1800æ، إلا أنَّ الأطباء في تلك الأزمنة كانوا أقرب ما يكونون إلى المعالجين التقليديين منهم إلى الطبِّ بالمعنى الصحيح، وبنوع من سحر المحاكاة وجدوا أنَّ هذا الزئبق الجميل الساحر يمكنه أنْ يعالج المرضى من خلال وضعهم في أزمات جسدية بشعة، سيرًا على قاعدة: «السُّمُّ يحارِب السُّمَّ»، أو كما يُقال: «وداوِها بالتي كانت هي الداءُ!».

كان الدكتور راش يطلب من مرضاه التهامَ المحلول حتى يسيل لعابهم، وبعد العلاج المستمر لأسابيع أو أشهر

كان شعرهم وأسنانهم تتساقط دائمًا. إنَّ «علاجه» بلا شكّ كان يسمم أو يقتل فورًا العديدَ من الأشخاص الذين قد يكونون مصابين بحمى صفراء كامنةٍ. ومع ذلك، بعد عشر سنوات من نشره علاجه في فيلادلفيا، أرسل إلى ميريويذر لويس وكلارك وليام بعض العيِّنات المعلبة.

وكأثر جانبيٍّ مفيدٍ عمليًّا، ساعدتْ أقراصُ الطبيب راش بيليس لاحقًا علماءَ الآثار المعاصرين على تتبُّع مواقع التخييم التي استخدمها المستكشفون السابقون؛ من خلال الأطعمة الغريبة، والمياه المشكوك فيها التي وجدوها في البرِّيَّة، حيث كان بعض المستكشفين السابقين يشعرون بالغثيان دائمًا بسبب الزئبق ويخرجونه من أجسامهم. وإلى هذا اليوم، لا تزال كمية من الزئبق موجودة في العديد من الأماكن التي قام المتنزهون بحفر أماكن للمراحيض فيها،

وقد تكون نتيجة واحد من أقراص راش التي كانت تُسمّى «القاصفة»، والتي قامت بعملها بشكل جيد.

تعرفت على الزئبقَ لاحقًا في درس العلوم، عندما ظهر لي خليط عناصر الجدول الدوريّ للعناصر الكيميائية، حيث ألقيتُ عليه نظرة سريعة باحثًا عن الزئبق، ولكنني لم أره في البداية؛ إنه يقع هناك بين الذهب - الذي يتميز بالكثافة والنعومة - والثاليوم الذي يُعد عنصرًا سامًّا، ولكن رمز عنصر الزئبق هو Hg، وهما حرفان لم يظهرا حتى في اسمه Mercury؛ ولكشف هذا السر عرفتُ أنَّ هذه الكلمة جاءت من المصطلح اللاتينيِّ Hydrargyrum، ويعني (الماء الفضيّ). وهذا بدوره ساعدني لأفهم كيف أثَّرت اللغة والأساطير القديمة على الجدول الدوريِّ للعناصر الكيميائية، ويمكنك أنْ ترى عددًا من العناصر الجديدة فائقة الثقل على طول الصفِّ السفليِّ بالأسماء اللاتينية.

والمثيرُ أني وجدتُ الزئبقَ في درس الأدب أيضًا، وعرفتُ أنَّ صانعي القبعات كانوا يستخدمون طلاءَ الزئبق البرتقاليّ الفاتح الخفيف للفصْل بين الفراء والجلد، وأنَّ الأشخاص الذين يقتربون من براميل الطلاء المشبَّعة بالبخار يفقدون شعرَهم وذاكرتهم بالتدريج؛ مثل المجنون في قصة أليس في بلاد العجائب.

في النهاية، عرفتُ مدى سُمية الزئبق. وهذا يوضح كيف كانت أقراص الطبيب راش تطهِّر الأمعاء بشكل فعال؛ إنَّ الجسم يخلِّص نفسَه من أية سموم، ومن ضمنها الزئبق. وبقدر السُّمِّية الناجمة عن ابتلاع الزئبق؛ فإنَّ الأبخرة المنبعثة منه أسوأ أثرًا؛ فهي تثير «الموصلات» في الجهاز العصبيِّ المركزيِّ، وتتلف خلايا المخ، أكثر مما يقوم به مرض الزهايمر!

ولكن، كنتُ كلما عرفت أكثر عن مخاطر الزئبق، جذبني أكثر؛ كالجَمال المتوحش في قصيدة النمر لوليام بليك. .

– «النمرُ! النمر! أيها القطُّ البريُّ»[3].

وخلال تلك السنواتِ، غيَّرتْ أسرتي تصميمَ المطبخ، وأزالت الرفَّ والكوب ودُمية الدُبِّ، ولكنها تركت التحف الرخيصة في صندوق من الكرتون. في زيارتي الأخيرة، بحثتُ عن الزجاجة ذات الملصق الأخضر، وفتحتُها، وأخذت أميلُها يُمنة ويُسرة، وأحسستُ بثقل الكرات في الداخل وهي تتزلق بشكل دائريٍّ. وعندما نظرتُ من الفتحة، تعلقتْ عيناي بقِطع صغيرة تدفقتْ في القناة الرئيسة. إنها ملتصقة بشكل متقن وبرّاقة كقطرات الماء؛ وكأنك تشاهدها في الخيال فقط.

خلال طفولتي كلها، ارتبط الزئبق لديَّ بالحُمى. والآن، كلما فكرتُ في مخاطر تلك الكرات الصغيرة المخيفة تنتابني القشعريرة.

***

من هذا العنصر الواحد، تعلمتُ التاريخ، وعلم الصرف، æ(الخيمياء)[4]، وعلم الأساطير، والأدب، وعلم السموم، وعلم النفس[5]. وفي السطور القادمة، أعرض لكم قصصَ العناصر التي جمعتُها، خصوصًا بعد أن استغرقتُ في الدراسات العلمية في الكلية، وأسعَدَني الحظ بوجود بعض الأساتذة الذين - رغم مشاغلهم الكثيرة - منحوني بعضًا من وقتهم الثمين للحديث والدردشة العلمية.

وباعتباري متخصصًا في الفيزياء، كنتُ دائمًا أحلم بالهروب من المعمل إلى الكتابة، ولا سيما عندما شعرتُ بالإحباط وأنا بين أولئك العلماء اليافعين والموهوبين والجادّين في فصْلي الدراسي؛ فقد كان لديهم شغفٌ باختبارات التجربة والخطأ بطريقة لا أجيدها.

لقد أمضيتُ خمس سنوات صعبة في ماناسوتا، وتخرجتُ بمرتبة الشرف في الفيزياء. ولكن، بالرغم من قضاء مئات الساعات في المعمل، وبالرغم من حفظ المئات من الإجابات عن الأسئلة، ورسْم عشرات الآلاف من الرسوم البيانية مع بكرات ومنحدرات عديمة الاحتكاك، فإنَّ تعليمي الحقيقيَّ كان من قصص الأساتذة... قصص عن غاندي والوحش غدزيلا، وعن اختصاصي تحسين النسل الذي استخدم عنصر الجرمانيوم لسرقة جائزة نوبل، وعن قذف كُتل من الصوديوم المتفجرة في الأنهار وقتل الأسماك، وعن

الأشخاص الذين اختنقوا بهدوء بغاز النيتروجين في مركبات الفضاء، وعن الأستاذ السابق في كلِّيتي الذي قام بتجربة في المنظم الصناعيِّ المسؤول عن تنظيم ضربات قلبه، والذي يعمل بطاقة البلوتونيوم؛ فقد قام بتسريع نشاطه وإبطائه من خلال الوقوف بجانب لفائف مغناطيسية ضخمة يحركها بأصابعه.

تعلقتُ بهذه القصص. والآن، عندما أتذكر الزئبق وأنا أتناول فطوري، أدرك أنَّ هناك قصصًا عجيبة وغريبة أو مخيفة مرتبطة بكلِّ عنصر من العناصر الكيميائية في الجدول الدوريِّ. في الوقت نفسه، إنّ الجدول الدوريَّ يُعدُّ أحد أهم الإنجازات الفكرية للبشرية. إنه إنجازٌ علميٌّ، وكتاب قصص، وقد كتبتُ هذا الكتاب لأزيل عنه طبقاته واحدة تلوَ الأخرى، مثل الورق الشفاف في كتاب التشريح الذي يحكي القصة نفسها؛ ولكن بعمق مختلف. وفي أسهل مستويات

يصنف الجدول الدوريّ جميعَ أنواع المادة في الكون؛ الرموز المائة والنَّيّف بخصائصها التي توضِّح لنا كلَّ ما نراه أو نلمسه. شكل الجدول يعطينا أدلةً علمية أيضًا حول إمكانية اختلاط هذه الخصائص مع بعضها بعضًا. وفي المستوى الأكثر تعقيدًا، يقدم الجدولُ الدوريُّ رموزاً عن جميع أنواع المعلومات الجدلية عن كلِّ نوع من أنواع الذَّرة، كما يساعدنا عن معرفة أيّ الذرات التي يمكن أنْ تنشطر أو تتحول إلى ذرات أخرى. هذه الذرات تندمج طبيعيًّا أيضًا داخل أنظمة حيوية في أجسام المخلوقات، والجدول الدوريُّ يتنبأ بكيفية عملها، بل إنه يتنبأ بأيِّ من ممرات العناصر المضرة يمكنها إعاقة الكائنات الحية أو تدميرها.

يُعدُّ الجدولُ الدوريُّ في النهاية معجزة أنثروبولوجية، وفنًّا بشريًّا يحاكي جميع السمات البشرية الجميلة، والفنية، والقبيحة، وكيفية تفاعلنا مع العالم الماديِّ، وتاريخ أجناسنا

المكتوب بإيجاز وروعة. إنَّه يستحق دراسة في كلِّ مستوى منه؛ بداية من المستوى التمهيديِّ، وبالتدريج للوصول إلى المستوى الأعلى والأكثر تعقيدًا، والذي يتعدى غرض التسلية. إنّ هذه القصص من الجدول الدوريِّ للعناصر الكيميائية تقدم وسيلةً لمعرفتها عن قُرب تفتقر إليها الكتب الدراسية أو أدلة المعامل. ولا أبالغ إن قُلتُ إننا نأكل ونتنفس الجدول الدوريَّ. ويراهن الناسُ عليه، ويخسرون الكثيرَ فيه، وحتى إنّ الفلاسفة يستخدمونه للتنقيب عن المعاني في العلوم؛ إنه يسمِّم البشر، ويُشعِل الحروب.

ما بين عنصر الهيدروجين في أعلى اليسار، والعناصر الكامنة في الصفِّ الأسفل، سوف تجد الفقاعات، والقنابل، والمال، والخيمياء، والسياسة، والتاريخ، والسُّم، والجريمة، والحب، وستجد أيضًا بعضًا من العلوم.

القسم الأول:
الاتجاه: عمودٌ بعمودٍ، صَفٌّ بِصفٍّ

الفصل الأول:

الجغرافيا مصير

Ho O Tm Sb B He

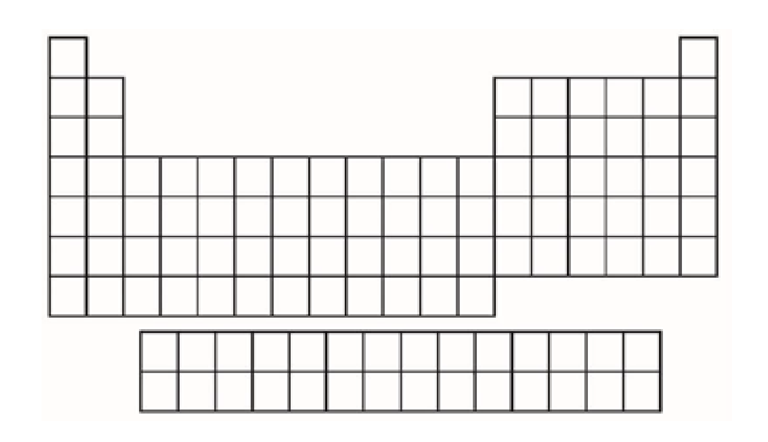
عندما يفكِّر أغلبُ الناسِ في الجدول الدوريّ، تقفز إلى ذاكراتهم تلك اللوحةُ المعلَّقة على جدار فصل الكيمياء في المدرسة، ذات التمدُّد غير المتماثل بين الأعمدة والصفوف، والتي تظهر دائمًا خلف أحد كتفي المعلم. وتكون اللوحة دائمًا كبيرةً بمقاس ست أقدام في أربع تقريبًا. إنَّ هذا الحجم مثيرٌ وملائمٌ، ويدل على أهمية الكيمياء. وكان الجدول يُعلَّق في الفصل في بداية العام الدراسيِّ ويظل حتى نهايته؛ هذه التذكِرة العلمية كانت على خلاف دفتر ملاحظات

المحاضرات أو المناهج الدراسية تشجِّع على النظر إليها أثناء الاختبارات. بالطبع، قد ينبع جزء من الإحباط الموروث عن تذكُّر الجدول الدوريّ من حقيقة أنه على الرغم من كونه متاحًا لتلجأ إليه كورقة ضخمة وثمينة للغشِّ؛ فإنه لا يزال أقل فائدة في الغشِّ من اللجوء إلى زملاء الفصل الآخرين، ولا سيما المجتهدين منهم!

من ناحية، يبدو الجدول الدوريُّ منظمًا ومحددًا، ويشبه - إلى حدٍّ كبير - الهندسة الألمانية المصمَّمة للحصول على أقصى فائدة عملية. ومن ناحية أخرى، كان هذا الجدولُ يظهر مثل خليط أرقام طويلة، واختصارات، تشبه رسائل الأخطاء التي تظهر في شاشة الحاسب ([1d15f24s6[eX)، ومع هذا فمن الصعب ألاَّ تشعر بالتوتر بسببه.

وعلى الرغم من أنَّ الجدول الدوريَّ تربطه علاقة واضحة مع العلوم الأخرى، مثل علمي الأحياء والفيزياء، إلاّ أنَّ هذه العلاقة ليست محددة بدقة. ربما كان الإحباط الأكبر لدى العديد من الطلاب ناتجًا من أنَّ الأشخاص الذين يعرفون الجدول الدوريَّ، والذين يعرفون طريقة عمله، يمكن أنْ يستخرجوا العديدَ من الحقائق منه بطريقة متفلسفة وبلا مبالاة. إنه الانزعاج نفسه الذي يشعر به الأشخاص المصابون بعمى الألوان عندما يجد المبصرون رقمي السبعة والتسعة مكتوبين ومخبأين داخل نقاط الرسوم المبرقشة.äÅ المعلومات التي لن تستطيع أن تشرح نفسها تمامًا في حال ارتباطها بمعلومات أخرى، هي حقًّا معلومات مهمة ولكنها مخفية. يتذكر بعض الأشخاص هذا الجدول بخليط من الخيال والإعجاب والشعور بالنقص والاشمئزاز.

قبل أن يقدِّم المعلمون الجدولَ الدوريَّ كان عليهم أن يجرِّدوا هذا الشكل من ركام المعلومات، ويدعوا الطلبة يحدِّقون فيه وهو فارغ.



بِمَ يُشبَّهُ هذا الشكل؟ إنه يبدو وكأنه قلعة؛ بجدران غير متساوية، كما لو أنَّ بنّائي القصر الملكيِّ لم يكملوا الجانب الأيسر منه، وكذلك الأبراج الدفاعية الطويلة على الجانبيْن. إنه يتكون من ثمانية عشر عمودًا مسنَّنًا، وسبعة صفوف أفقية، مع «شريط سفليٍّ» من صفيْن إضافييْن معلَّقين بالأسفل. هذه القلعة صُنعت من «لَبِنات». وأول شيء يغيب عن الناظر لهذا الشكل، هو أنَّ هذه اللبنات ليست متداخلةً،

وكل لبنة عبارة عن عنصر، أو نوع من مادة (الجدول مكونٌ الآن من 112 عنصرًا، مع عدد قليل من عناصر أخرى لم يتم البتَّ فيه)، وأنَّ الحصنَ سيؤول بأكمله إلى السقوط إنْ لم تكن كلُّ لبنة في مكانها الصحيح. هذه ليست مبالغة؛ فلو ثبت للعلماء أنَّ أحدَ العناصر - بطريقة ما - يلائم مكانًا مختلفًا، أو أنه يمكن أنْ يتبادل عنصران مكانيهما؛ فإنَّ الصرح بأكمله يمكن أنْ ينهار.

وهناك فضولٌ معماريٌّ آخر؛ وهو أنَّ هذه القلعة تتكون من مواد مختلفة وفي مجالات مختلفة. إنها كذلك بالفعل؛ فليست كل اللبنات مصنوعة من مادة واحدة، وليست لديها سماتٌ مشتركةٌ؛ فخمسة وسبعون بالمائة من منها معادن، وهذا يعني أنَّ أغلب العناصر باردة ومواد صلبة رمادية؛ على الأقل بدرجة الحرارة المعتادة لدى البشر. القليل من الأعمدة في الجانب الشرقيِّ تحتوي على الغازات. فقط

عنصران - هما الزئبق والبروم - يكونان في حالة سائلة في درجة حرارة الغرفة، بين المعادن والغازات؛ في ما يشبه ولاية كنتاكي في خارطة الولايات المتحدة. بعضُ العناصر التي يصعب تحديدها، وطبيعتُها غير المتبلورة تعطيها خصائصَ مثيرة للاهتمام، مثل القدرة على جعل الأحماض أقوى بمليارات المرات من أيِّ شيء آخر في مخزن المواد الكيميائية. وعلى الإجمال، لو أنَّ كل لبنة صُنعتْ من المادة التي تمثلها، فإنَّ القلعة ستكون مثل كائن خرافيّ ذي زوائد وأجنحة من عصور غير متجانسة، أو على أقل تقدير، مثل بناء دانيال لبسكند [6] الذي يتشكل من مواد متباينة ومتداخلة معًا في وحدة أنيقة متكاملة.

السبب وراء تباطُئنا في وصف خرائط جدران القلعة هو أنَّ إحداثيات العنصر تحدد تقريبًا كل خصائصه المثيرة للاهتمام علميًّا؛ فكلُّ عنصر جغرافيته هي مصيره. في

الواقع، لديك الآن معرفة بما يبدو عليه الجدول بشكل موجز. يمكن هنا أنْ أستخدم تشبيهًا مجازيًّا يقرب الفكرة أكثر، فأقول: إنَّ الجدول الدوريّ خريطة، ولترسم فيه تفاصيل أكثر، سأقوم برسم الخريطة من الشرق إلى الغرب، وبالتوقف عند كل عنصر معروف وغير معروف.

سأبدأ من الأعلى في أقصى الجانب الأيمن، العمود الثامن عشر، هذه المجموعة من العناصر تُعرف بالغازات النبيلة. كلمة (النبيل) مصطلح قديم، وتعبير يبدو طريفًا، ويُستخدم في الفلسفة والأخلاق أكثر من الكيمياء. وفي الحقيقة، يعود مصطلح «الغازات النبيلة» إلى اليونان القديمة مولِد الفلسفة الغربية؛ فهناك، اخترع ليوكيبوس وديموقريطس بعد زملائهما الإغريق فكرة الذرات، وصاغ أفلاطون كلمة «عناصر» (التي يقال عنها في اليونانية: stoicheia) كمصطلح عام للجسيمات الصغيرة المختلفة من المادة.

أفلاطون - الذي خرج من أثينا خوفًا على حياته بعد وفاة معلِّمه سقراط في العام 400 قبل الميلاد تقريبًا، وتجوَّل وكتب في الفلسفة لسنوات طويلة - يفتقر بالطبع إلى المعرفة الحقيقية عن العنصر في المصطلح الكيميائيِّ. ولكن، لو كان على علم بها، فإنه بلا شكّ سينتقي العناصر على الحافة الشرقية من الجدول؛ خصوصًا الهيليوم، كعنصر مفضَّل لديه.

في حواره عن الحبِّ والشهوة، في كتابه الندوة The symposium، ادَّعى أفلاطون أنَّ كلَّ كائن يتوق للعثور على نصفه الآخر؛ النصف المفقود. عندما يطبَّق هذا على الناس، فإنه يعني العاطفة والجنس وجميع المشاكل التي تصاحب العاطفة والجنس. وبالإضافة إلى ذلك، أكد أفلاطون في جميع حواراته أنَّ الأشياء المجرَّدة والثابتة في جوهرها أكثر نبلاً من الأشياء التي تتدنس وتتفاعل مع

المادة غير النقية. وهذا يفسر سبب عشقه علم الهندسة بدوائره ومكعباته المثالية والأجسام المحسوسة بعقولنا.

وبالنسبة للأشكال غير الرياضية، وضَع أفلاطون نظرية تُدعى «الأشكال»، والتي تقول إنَّ جميعَ الأجسام ظلال للنموذج المثاليِّ، وإنَّ جميع الأشجار - على سبيل المثال - نسخٌ غير كاملة من شجرة مثالية، وتسعى إلى المثالية «الشجرية». وبالمثل السمكة تسعى الى المثالية «السمكية»؛ أو حتى مع الكؤوس مع»الكأسية». يعتقد أفلاطون أنَّ هذه الأشكال ليست مجرد نظرية بل إنها موجودة فعلاً في الواقع، حتى لو حلَّقتْ في سماء عالية أبعَد من إدراك البشر المباشر. قد يُصاب أفلاطون بالصدمة كأيِّ شخص، لو علم أنَّ العلماء بدأوا باستحضار أشكال مثالية على الأرض مع الهيليوم.

في العام 1911، قام عالم هولنديٌّ ألمانيٌّ بتبريد الزئبق مع الهيليوم السائل واكتشف أنه عند درجة حرارة — 452 فهرنهايت تحت الصفر، أنَّ هذه المنظومة فقدت المقاومة الكهربائية وأصبحتْ موصلاً مثاليًّا. وهذه الطريقة تستطيع أن تقوم بشيء ما مثل تبريد أجهزة (آي بود) وصولاً إلى مئات الدرجات تحت الصفر، وستجد أنَّ البطارية مشحونة بالكامل، وستظل مهما طال بها الزمن، ومهما استمرَّ استماعك إلى الموسيقى وبأيِّ صوت كان، إلى ما لا نهاية، ما دام الهيليوم يحافظ على الدوائر في حالة باردة.

في العام 1937، قام فريق من العلماء الروس والكنديين بعملٍ أكثر إتقانًا مع الهيليوم النقيِّ؛ فعند تبريدهم الهيليوم النقيِّ إلى درجة حرارة 456 فهرنهايت تحت الصفر، تحوَّل الهيليوم إلى حالة الميوعة الفائقة superfluid؛ حيث وصلت اللزوجة والاحتكاك الداخليُّ للسائل إلى درجة الصفر

تمامًا، مثالية «سائلية». الميوعة الفائقة في الهيليوم تقاوم الجاذبية وتتدفق صعودًا على الحواجز. في ذلك الوقت، كانت هذه الاكتشافات مذهلة تمامًا. غالبًا ما يراوغ العلماء ويدعون أنَّ التأثيرات مثل الاحتكاك تساوي صفرًا، ولكن هذا فقط من أجل تبسيط العمليات الحسابية. لم يتوقع أحدٌ - حتى أفلاطون نفسه - أنَّ شخصًا ما سيجد في الحقيقة واحدة من أشكاله المثالية.

كما يُعدُّ الهيليوم أيضًا أفضل مثال «لعنصر» المادة الذي لا يمكن فصله أو تغييره بالوسائل العادية أو الكيميائية. استغرق هذا الأمرُ من العلماء - لفهم ما هي العناصر حقًّا - 2200 سنة؛ من اليونان في 400 قبل الميلاد إلى أوروبا في عام 1800م؛ لأنَّ معظمها قابلة للتغيير أيضًا. كان من الصعب أنْ نرى ما الذي جعل الكربون كربونًا عندما ظهر في آلاف المركبات؛ جميعها

بخصائص مختلفة. اليوم، يمكن أنْ نقول إنَّ ثاني أكسيد الكربون، على سبيل المثال، ليس عنصرًا؛ لأنَّ جزيئًا واحدًا منه ينقسم إلى الكربون والأكسجين. لكنَّ الكربون والأكسجين من العناصر؛ لأنك لا تستطيع أنْ تفصلهما بشكل صحيح دون تدميرهما. وبالعودة إلى موضوع الندوة ونظرية أفلاطون في الحب والشهوة والنصف المفقود، نجد تقريبًا أنَّ كلَّ عنصر يبحث عن ذرات أخرى لتكوين علاقة معها؛ تلك العلاقة التي تحجب طبيعتها. حتى أكثر العناصر «النقية» مثل جزيئات الأكسجين في الهواء (O_2) تظهر دائمًا كمركبات في الطبيعة. والأكثر من ذلك، كان باستطاعة العلماء أنْ يكتشفوا العناصر في وقت مبكر أكثر بكثير لو عرفوا عن الهيليوم؛ العنصر الذي لا يتفاعل مع مادة أخرى، فهو لم يكن كأي شيء آخر، ولكن كان عنصرًا نقيًّا[7].

الهيليوم يتصرف بهذه الطريقة لسبب ما؛ وهو أنَّ جميع الذرات تحتوي على جسيمات سالبة تُسمّى الإلكترونات، وهي تتواجد في طبقات أو مستويات طاقة مختلفة داخل الذرَّة، متداخلةً بتركيز مع بعضها بعضًا. وكل مستوى يحتاج إلى عدد معين من الإلكترونات لملء نفسه والشعور بالاكتفاء؛ وفي المستوى الأعمق يكون العدد اثنين من الإلكترونات، وفي المستويات الأخرى يكون عادة ثمانية.

عادة يكون للعناصر عددٌ متساوٍ من الإلكترونات السالبة والجسيمات الموجبة التي تُسمى البروتونات؛ لذا فهي متعادلة كهربائيًّا. الإلكترونات مع ذلك، يمكن أنْ تُستبدل بحُرِّية بين الذرات، والذرات عندما تفقد الإلكترونات أو تكتسبها فإنها تشكل ذرات مشحونة تسمى الأيونات.

من المهمّ أنْ نعرف هنا أنَّ الذرات تملأ مستوياتها الداخلية ذات الطاقة المنخفضة بالكامل - بقدر المستطاع

- بالإلكترونات الخاصة بها، وبعدها إمّا أنْ تفقِد أو تتبادل أو تكتسب الإلكترونات؛ لتأمين العدد المناسب في المستويات الأبعد. بعض العناصر تتبادل أو تتشارك بطريقة ذكية، في حين تتصرف الأخرى بطريقة سيئةٍ للغاية! هذا هو نصف الكيمياء في جملة واحدة: الذرات التي ليس لديها ما يكفي من عدد الإلكترونات في المستوى الخارجيِّ سوف تُقاتِل، وتقايض، وتتسوَّل، وتتحالف، وتكسر التحالفات، أو تفعل ما تستطيع فعله للحصول على العدد الصحيح.

الهيليوم - العنصر الثاني - لديه بالضبط العددُ المطلوب لملء مستواه الوحيد. هذا التكوينُ «المغلق» للهيليوم يعطيه استقلالاً كبيرًا؛ لأنه لا يحتاج إلى التفاعل مع الذرات أو مشاركة الإلكترونات أو سرقتها للشعور بالاكتفاء؛ فقد وجد الهيليوم نصفه المفقود ومتممه المثير في ذاته.

والأكثر من ذلك أنَّ هذا التكوين نفسَه يمتد إلى العناصر أسفل العمود الثامن عشر بأكمله تحت الهيليوم، غازات النيون، والأرجون، والكريبتون، الزينون، والرادون. كل هذه العناصر لديها مستويات مغلقة بعدد كامل من الإلكترونات، لذلك لا يتفاعل أيّ منها مع أيٍّ شيء في ظل الظروف الطبيعية.

لهذا السبب، وعلى الرغم من النشاط المحموم لتحديد العناصر في القرن التاسع عشر وتسميتها - بما في ذلك تطوير الجدول الدوريِّ نفسه - لم يستطع أحدٌ عزْل غازٍ واحدٍ من عناصر العمود الثامن عشر قبل عام 1895ã. هذه التجارب اليومية التي لا يلقي لها أحدٌ بالاً، مثل الأجسام الكروية والمثلثات المثالية سحرتْ أفلاطون. وبهذا المعنى، إنَّ العلماء الذين اكتشفوا الهيليوم وإخوته على الأرض كانوا يحاولون استحضار اسم «الغازات النبيلة».

ونصوغها بكلمات أفلاطون: «هو الذي يعشق المثالية والثبات، ويزدري الفساد والخسة، سيفضل الغازات النبيلة إلى حدٍّ كبير، من دون جميع العناصر الأخرى، لأنَّها لا تتغير، ولا تتذبذب، ولا تسعى أبدًا لإرضاء العناصر الأخرى؛ فهي ليست مثل عامة الناس الذين يطرحون سلعهم الرخيصة في السوق، بل إنها مثاليةٌ وغير قابلة للفساد».

خمود الغازات النبيلة أمرٌ نادر الحدوث من ناحية أخرى. تقع في العمود التالي إلى الغرب منها الغازات الأكثر حيوية وتفاعلية في الجدول الدوريّ، وهي الهالوجينات. وإذا كنتَ تفكر بالجدول على شكل ملتف مثل خرائط مركاتور الأسطوانية، فبالتالي سيلتقي الشرقُ بالغرب؛ العمود الثامن عشر يلتقي العمودَ الأول، وستظهر العناصر الأكثر عنفًا على الطرف الغربيِّ، وهي الفلزات القلوية. الغازاتُ النبيلة

الأكثر سلمية منطقةٌ منزوعة السلاح ومحاطة بجيران غير مستقرين.

على الرغم من كونها فلزات عادية بطريقة ما، فإنَّ القلويات بدلاً من أن تصدأ أو تتآكل يمكن أنْ تحترق تلقائيًّا في الهواء أو الماء. كما أنها تشكِّل تحالفًا مصالحًا مع غازات الهالوجين. الهالوجينات لها سبعة إلكترونات في الطبقة الخارجية، أي أقل بواحد من الإلكترونات الثمانية التي تحتاج إليها، في حين أنَّ القلويات لها إلكترون واحد في المستوى الخارجيِّ، وثمانية كاملة في المستوى الأدنى؛ لذا من الطبيعيِّ أنْ يقوم هذا الأخير بتفريغ الإلكترون الإضافيِّ على الأول؛ لتنتج أيوناتٌ موجبة وأخرى سالبة لتشكيل روابط قوية.

هذا النوع من الارتباط يحدث دائمًا، ولهذا السبب تُعدُّ الإلكترونات أهم جزء من الذرة؛ إنها تحتل تقريبًا المساحة كافة في الذرَّة، كغيوم تحوم حول مركز الذرة الصغير، وهو النواة. هذا صحيحٌ؛ فعلى الرغم من أنَّ مكونات النواة هي البروتونات والنيوترونات، إلاّ أنها أكبر بكثير من حجم الإلكترون الواحد. فلو تمَّ تكبير الذرَّة إلى أنْ تصل إلى حجم الملعب الرياضيِّ، فإنَّ النواة الغنية بالبروتون تكون ككرة تنس في خط الخمسين ياردة، وسيكون الإلكترون كرأس الدبوس يبرز حول النواة، ولكنه يطير بسرعة ويضربك مرات كثيرة خلال الثانية الواحدة؛ الأمر الذي يمنعك من دخول الملعب، وكأنه جدارٌ صلب. وكنتيجة لذلك، متى لمستَ الذراتِ، فإنَّ النواة المدفونة تكون صامتة، فقط الإلكترونات هي المهمة[8].

في تنبيه سريع، لا تتخيل كثيرًا صورة الإلكترونات كرأس دبوس يحوم حول المركز الصلب، أو حسب التشبيه المجازيِّ المتداول، لا تعتقد بالضرورة أنَّ الإلكترونات هي مثل الكواكب تدور حول الشمس النووية. التشبيه بالكواكب مفيد، ولكن كما هو الحال مع كل التشبيهات، فإنه كثيرًا ما يكون بعيدًا جدًّا عن الواقع؛ كما تبين ذلك لبعض العلماء المشاهير وخاب أملهم. الترابط بين الأيونات يفسِّر سبب كون تركيبة الهالوجينات والقلويات، مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) شائعة. وبالمثل، إنَّ العناصر من الأعمدة التي تتكون من إلكترونيْن إضافييْن - مثل الكالسيوم - كثيرًا ما تتحالف مع العناصر من الأعمدة التي تحتاج إلى إلكترونيْن إضافييْن، مثل الأكسجين.

إنها أسهل وسيلة لتلبية احتياجات الجميع، فالعناصر من الأعمدة غير المتماثلة تتطابق أيضًا وفقًا للقوانين نفسها.

اثنان من أيونات الصوديوم (Na+) تأخذ واحدة من الأكسجين (O– 2) لتشكيل أكسيد الصوديوم Na O2. وللأسباب نفسها يتركَّب كلوريد الكالسيوم مثل CaCl 2 وعمومًا، يمكنك أنْ تعبِّر عادةً عن كيفية تركيب العناصر بالإشارة إلى رقم العمود ومعرفة شحنة كل منها. السَّير على هذا المنوال تحقيقٌ للتماثل بين اليسار واليمين في الجدول.

لسوء الحظ، ليس كل ما في الجدول الدوريِّ بهذه البساطة والجاذبية. ولكن بعض العناصر الغير جذابة يجعلها أماكن مغرية لإكتشافها في الواقع.

***

هناك قصة هزلية قديمة عن شخص يعمل مساعدًا في مختبر، اندفع ذات صباح إلى مكتب العالِم الكيميائيِّ المشرِف عليه، وعلى الرغم من أنه أمضى الليلة السابقة في

العمل المتواصل، إلاّ أنه كان يشعر بطرب هيستيريٍّ، فدخل مكتب العالِم وهو يحمل بيده قنينة مغلقة بفلين - بداخلها سائلٌ أخضر يفور ويصدر صفيرًا - وهو يصرخ: لقد اكتشفتُ المادة الكونية المذيبة! نظر رئيسه المتفائل إلى القنينة، وسأل: «وما هي المادة الكونية المذيبة؟». أجاب المساعد باهتياج: «هي الحمضُ الذي يذيب جميع المواد!».

بعد النظر في هذه الأخبار المثيرة - لأنّ هذا الحمض الكونيَّ سيكون إعجازًا علميًّا من شأنه أن يجعل كلا الرجلين من أصحاب المليارات - أجاب العالِم: «وكيف احتفظتَ بالسائل في القنينة الزجاجية؟!». كان هذا السؤال هو ذروة القصة الهزلية، ومن السهل أنْ تتخيل العالم جيلبرت لويس [9] يبتسم، ربما بشكل لاذع.

تقود الإلكترونات الجدولَ الدوريَّ، ولم يقم أحدٌ بمثل ما قام به لويس في توضيح كيفيّة تصرّف الإلكترونات وتكوينها

روابطَ في الذرات. كان عمل الإلكترون لديه يركز بالأساس على الأحماض والقواعد؛ ولذا أعربَ عن تقديره لادعاء مساعده المثير للسخرية. من ناحية شخصية أكثر، بيَّنتْ ذروة القصة الهزلية لويس، وكيف يكون تقبُّل المجد العلميِّ.

عاش لويس متجولاً في ولاية نبراسكا، والتحق بكلية ومدرسة الدراسات العليا في ولاية ماساشوستس حوالى العام 1900، ثم درس في ألمانيا تحت إشراف الكيميائيِّ فالتر نيرنست[10]. ولأسباب واقعية ومجرد تصورات كانت تجربة نيرنست بائسةً جدًّا، وعاد لويس إلى ماساشوستس ليتولى منصبًا أكاديميًّا بعد بضعة أشهر، ولكنها أيضًا لم تكن تجربة سعيدة؛ لذلك غادر إلى الفلبين - المستعمرة الأمريكية حديثًا - للعمل لحساب الحكومة الأمريكية، وأخذ معه كتابًا واحدًا فقط، وهو «الكيمياء النظرية لنيرنست»؛ حتى يتمكن

من قضاء سنوات وهو يبحث وينشر بشكل مفرط أوراقًا في انتقاد كل أخطائه[11].

في نهاية المطاف، ازداد حنين لويس إلى الوطن، وعاد واستقر في جامعة كاليفورنيا في بيركلي. وهناك، ولأكثر من أربعين عامًا، قام بتأسيس قسم الكيمياء في بيركلي، وجعله من أفضل المراكز في العالم. على الرغم من أنَّ هذه النهاية قد تبدو وكأنها سعيدة، إلاّ أنها في الحقيقة لم تكن كذلك. الحقيقة المعروفة عن لويس هي أنه كان أفضل عالم محتمل لم يحظَ بالفوز بجائزة نوبل، وكان يعرف ذلك! لا أحد من قبل تلقى ترشيحات أكثر منه، لكن طموحه المكشوف - ووراءه العديد من النزاعات في جميع أنحاء العالم - أفسدَ فُرصته في الحصول على ما يكفي من الأصوات. وبعدها قدَّم استقالته (أو أُجبِر على الاستقالة) من المناصب المرموقة، وأصبح منعزلاً يصارع الشعور بالمرارة.

وبغضِّ النظر عن الأسباب الشخصية، فإنَّ لويس لم يحصل على جائزة نوبل؛ لأنَّ عمله كان يتسم بالتوسع بدلاً من التعمق فيه. إنَّه لم يكتشف شيئًا مدهشًا واحدًا؛ ذلك الشيء الذي يمكن أنْ تشير إليه وتقول: «يا للروعة!»؛ وبدلاً من ذلك قضى حياته وهو يكرر ملاحظة كيفية عمل إلكترونات الذرة في العديد من السياقات، وخاصة في فئة من الجزيئات التي تعرف باسم الأحماض والقواعد.

وبشكل عام، عندما تقوم الذراتُ بمقايضة الإلكترونات لكسر روابط جديدة أو تكوينها، يحدث ما يسميه الكيميائيون «التفاعل». والتفاعلات الحمضية القاعدية تقدِّم مثالاً صارخًا - وغالبًا ما يكون عنيفًا - عن تلك المقايضات. وعمل لويس على الأحماض والقواعد كان بقدْر أيِّ شخص آخر لإظهار ما يعنيه تبادُل الإلكترونات على المستوى دون المجهريِّ.

قبل حوالى العام 1890، كان العلماء يتعرفون على الأحماض والقواعد من خلال التذوُّق أو تغميس أصابعهم فيها، وهاتان الطريقتان ليستا بالطبع الأكثر أمانًا أو الأكثر موثوقية. وفي غضون بضعة عقود، أدرك العلماء أنَّ الأحماضَ في جوهرها تعدُّ مانحةً للبروتون؛ فالعديد من الأحماض يحتوي على الهيدروجين؛ وهو عنصر بسيط يتكون من إلكترون واحد يدور حول بروتون واحد (هذا كل ما لديه للحصول على نواة الهيدروجين). عندما يمتزج حمضٌ مثل حمض الهيدروكلوريك (HCl) مع الماء، فإنه يتفكك إلى +CæH 1–. إنّ انفصال الإلكترون السلبيّ من الهيدروجين لا يترك سوى بروتون مجرد +H، الذي يسبَح بعيدًا من تلقاء نفسه. الأحماض الضعيفة مثل الخلِّ تُطلِق

بضعة بروتونات في المحلول، في حين أنَّ الأحماض القوية مثل حامض الكبريتيك تُغرِق المحاليل بالبروتونات.

قرَّر لويس أنَّ هذا التعريف للحمض من قِبل العلماء يعتبر تعريفًا محدودًا للغاية؛ حيث إنَّ بعض المواد تتصرف مثل الأحماض دون الاعتماد على الهيدروجين؛ لذا غيَّر لويس التصور، فبدلاً من القول إنَّ H+ تفكَّك، أصر على أنَّ C 1– (فرَّ) مع الإلكترون. وبدلاً من كون البروتون مانحًا، صار الحمضُ هو سارق الإلكترون. في المقابل، إنَّ القواعد مثل مواد التبييض أو الغسول القلويِّ، والتي تعتبر أضداد الأحماض، ويمكن أن يُطلَق عليها اسم: مانحة الإلكترونات. هذه التعريفات، بالإضافة إلى كونها أكثر عمومية، تؤكِّد على سلوك الإلكترونات، وتتناسب بشكل أفضل الكيمياء التي تعتمد على الإلكترون في الجدول الدوريِّ.

على الرغم من أنَّ لويس وضع هذه النظرية في العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين، إلاّ أنَّ العلماء لا يزالون يحاولون توسيع التعريف لمعرفة إلى أيِّ مدى يمكن أنْ يجعلوا الأحماض قوية باستخدام أفكاره. يتم قياس قوة الأحماض عن طريق مقياس درجة الحموضة pH؛ حيث إنه كلما انخفضت الأعداد صارت أقوى، وفي عام 2005 اخترع كيميائيٌّ من نيوزيلندا حامضًا قائمًا على البورون يسمى حمض الكربورين Carborane، بدرجة حموضة تساوي – 18. لوضع هذا في تصوُّر واضح، فإنَّ درجة الحموضة للماء هي 7، ودرجة الحموضة لحمض الهيدروكلوريك HCl الذي يتركز في معدتنا هي 1. ولكن، وفقًا لطريقة الحساب غير التقليدية لمقياس درجة الحموضة، فإنَّ انخفاض درجة واحدة (على سبيل المثال من 4 إلى 3) يعزز من قوة الحمض عشرة أضعاف في كل مرة. لذا، إنَّ

الانتقال من حمض المعدة 1، إلى الحمض القائم على البورون –18، يعني أنَّ هذا الأخير أقوى بعشرة مليار مرة. هذا هو تقريبًا عدد الذرات التي رصها وصولاً إلى القمر مجازيًا.

هناك أيضًا أحماض أسوأ من ذلك تقوم على الإثمد، وهو عنصر ربما يكون ذا تاريخ مفعم بالحيوية في الجدول الدوريّ[12]. استخدم نبوخذ نصر - الملك الذي بنى حدائق بابل المعلَّقة في القرن السادس قبل الميلاد - مزيج الإثمد والرصاص السامّ لطلاء جدران قصره باللون الأصفر. ربما ليس من قبيل الصدفة، أنَّه سرعان ما أُصيب بالجنون، وأصبح ينام خارج قصره في الحقول، ويأكل العشب مثل الأبقار! وفي الوقت نفسه تقريبًا، كانت النساء المصريات يستخدمنَ الإثمد بشكل مختلف كماسكارا لتجميل أهدابهنَّ، وإعطاء أنفسهنَّ قوةً كقُوى الساحرات ليلقينَ العين الشريرة

على الأعداء. في وقت لاحق، نجد أنَّ الرهبان في القرون الوسطى - ناهيك عن إسحاق نيوتن - نما لديهم هاجسُ خصائص جنس الإثمد، وقرروا أنَّ نصفه معدن ونصفه عازل، أي كان بين هذا وذاك، وبلا جنس محدد (مذكر أو مؤنث). كما أنَّ أقراص الإثمد اكتسبت شهرةً كمسهِّل للأمعاء. وعلى عكس الأقراص الحالية، فأقراص الإثمد الصلبة لا تذوب في الأمعاء، واعتُبرت هذه الأقراص قيِّمة جدًّا؛ لدرجة أنَّ الناس كانوا يبحثون عنها في مخلفاتهم لاستعادتها وإعادة استخدامها! وبعض الأسر المحظوظة أوصتْ بتوريث هذه المسهِّلات من الآباء إلى الأبناء؛ ربما لهذا السبب عُرِف الإثمد كدواء قويِّ المفعول، على الرغم من أنَّه سامٌّ في الواقع، ويُعتقد أنَّ الموسيقي العظيم موزار مات من جرّاء تناوُله جرعة زائدة منه للتداوي من حُمى شديدة ألمتْ به.

في نهاية المطاف، عرف العلماء الإثمد بشكل أفضل، وأدركوا أنَّ قدرته على خزن إلكترونات العناصر الجشعة حول نفسه جعلته مميزًا في بناء أحماض محددة. كانت هذه النتائج مذهلة؛ مثل الميوعة الفائقة للهيليوم. مزج فلوريد الإثمد 5SbF مع حمض الهيدروفلوريك HF تنتج منه مادة بمقياس درجة الحموضة – 31. هذا الحمض المفرط أقوى 100,000 مليار مليار مرة من فعالية حمض المعدة، وسيَلْتهم الزجاج بلا رحمة مثلما يفعل الماء مع الورقة. لذا، لا يمكنك أنْ تمسك زجاجة منه لأنه بعد أنْ يلتهم الزجاجة سيذيب يدك. وللإجابة عن السؤال الساخر الذي أطلقه الأستاذ، قل: يمكن أنْ يتم تخزينه في حاويات خاصة مبطنة بالتفلون!

حتى نكون صادقين، إنَّ إطلاق وصف أقوى حمض في العالم على خليط الإثمد السام يعدُّ مخالفًا للحقيقة؛ لأنَّ

5FbS (سارق الإلكترون)HFæ (مانح البروتون) سيئان بما فيه الكفاية، وعليك أنْ تقوم بنوع من مضاعفة قوتهما التكميلية معًا؛ من خلال مزجهما قبل بلوغهما حالة الحموضة المفرطة. إنهما الأقوى فقط في ظل الظروف المصطنعة. في الحقيقة، إنّ أقوى حمض منفرد حاليًا لا يزال حمض الكربورين Carborane القائم على البورون (11lC11BCH). وحمض البورون هذا يحمل أفضل عبارة لطيفة حتى الآن: إنه الحمض الأقوى والألطف في العالم في الوقت عينه. وحتى تتصور هذا، تذكَّر أنَّ الأحماض تتقسم إلى أجزاء موجبة وأخرى سالبة. في حالة حمض الكربورين Carborane، ستحصل على H+، وهيكل موسع مثل القفص يحتوي مكونًا من كل شيء آخر (– 11lC11BC). في معظم الأحماض إنّ الجزء السالب هو الذي يأكل ويكوي ويلتهم الجلد مباشرة. ولكن قفص البورون

شكَّل واحدةً من أكثر الجزيئات المخترعة استقرارًا من أيِّ وقت آخر. ذراته من البورون تشارك الإلكترونات بسخاء إلى أنْ يصبح عمليًّا الهيليوم، وأنها لن تذهب لتسرق الإلكترونات من الذرات الأخرى؛ الحالة المعتادة في المذبحة الحمضية.

إذًا، ما الذي يستطيع حمض الكربورين Carborane القيام به إذا لم يُذِب القنينة الزجاجية أو يلتهم خزائن البنك؟ إنه يستطيع القيام بأشياء محددة، أنْ يضيفَ قوة الأوكتان إلى البنزين، ويساعد في جعل الفيتامينات قابلةً للهضم، والأهم من ذلك هو استخدامه في «التمهيد» الكيميائيِّ. العديد من التفاعلات الكيميائية التي تحوي العديد من البروتونات ليست كاملة، وتتبادل البروتونات سريعًا. إنَّها تتطلب مراحل متعددة، والبروتونات تتنقل حولها في المليون من البليون من الثانية؛ بالسرعة التي جعلت العلماء غير

قادرين على تكوين فكرة عمّا حدث فعلاً. حمض الكربورين Carborane رغم ذلك - ولأنه مستقرٌ وغير متفاعل - سوف يغرق المحلول بالبروتونات، ومن ثَم سيجمِّد الجزيئات عند نقاط وسيطة حاسمة. حمض الكربورين Carborane يحمل الأنواع الوسيطة على وسادة لينة وآمنة. في المقابل، الإثمد الفائق الحموضة تكون مهدًا سيئًا؛ لأنها تمزق الجزيئات التي يرغب معظم العلماء بالنظر إليها.

كان لويس يحب مشاهدة هذه الحالات وغيرها في عمله مع الإلكترونات والأحماض، والتي أبهجت سنوات حياته الأخيرة المظلمة. على الرغم من أنه عمِل في الحكومة خلال الحرب العالمية الأولى، وقام بإسهامات فاعلة في الكيمياء حتى وصل إلى سنِّ الستين؛ فقد أغفله مشروع مانهاتن خلال الحرب العالمية الثانية، وهذا جعله يشعر بالمرارة، حيث إنَّه وظف العديد من الكيميائيين في بيركلي

من الذين لعبوا أدوارًا مهمة في صنع أول قنبلة ذرية وأصبحوا أبطالاً على المستوى الوطني. في أثناء الحرب، لم يكن لديه ما يؤديه إلاَّ استعادة الذكريات، وكتابة مسودة رواية حزينة عن جنديٍّ. ومات وحيدًا في مختبره في العام ã1946.

هناك اتفاقٌ عامٌّ على أنه بسبب تدخين حوالى عشرين سيجارة يوميًّا لمدة أربعين سنة ونيف، توفي لويس من جراء نوبة قلبية. لكن، كان من الصعب ألاّ تلاحظ أنَّ رائحة مختبره في ظهيرة اليوم الذي توفي فيه كانت تشبه رائحة اللوز المرِّ؛ وهي علامةٌ على وجود غاز السيانيد. كان لويس يستخدم السيانيد في أبحاثه، ومن الممكن أنه أسقط قنينة منها بعد أنْ أصابته السكتة القلبية. وهناك أمر آخر مثير للقلق، وهو أنَّ لويس تناول الغداء في وقت سابق من ذاك اليوم - الغداء الذي اعتذر عنه في البداية - مع

كيميائيٍّ شابٍّ جذاب أصغر منه سنًّا، ويعتبر منافسًا آخر له؛ كان قد حصل على جائزة نوبل، وعمل مستشارًا خاصًّا لمشروع مانهاتن. لقد كان لدى الناس دائمًا هاجس أنَّ هذا الزميل المحترم قد تسبَّب في فصْل لويس. إذا كان هذا صحيحًا فإنَّ براعته في الكيمياء كانت مفيدة، وضارة في الوقت نفسه.

بالإضافة إلى الفلزات التفاعلية على الساحل الغربيِّ، والهالوجينات والغازات النبيلة في أعلى الساحل الشرقيِّ وأسفله، يحتوي الجدول الدوريُّ على «السهول الكبرى»؛ والتي تمتد في منتصف أعمدته من العمود الثالث إلى العمود الاثني عشر، وهي المعادن الانتقالية. لنكنْ صادقين، إنَّ المعادن الانتقالية لديها كيمياء مستفزة؛ لذا من الصعب أنْ نطلق عليها حُكمًا عامًّا، باستثناء أنْ نكون حذرين.

إنّ ذرات المعادن الانتقالية أثقل من الذرات الأخرى، ولديها مرونة أكثر في كيفية تخزين الإلكترونات. مثل الذرات الأخرى، لديها مستويات طاقة مختلفة (واحد، اثنان، ثلاثة، إلخ)، مع مستويات طاقة منخفضة مخبأة تحت المستويات الأعلى، وهي أيضًا تقاتل الذراتِ الأخرى لتأمين مستويات الطاقة الخارجية الكاملة بثمانية إلكترونات، إنَّ معرفة المستوى الخارجيِّ تُعدُّ أمرًا معقدًا أيضًا.

ونحن نتحرك أفقيًّا عبر الجدول الدوريِّ، نجد أنَّ كلَّ عنصر له إلكترون واحد يزيد عن جاره الذي على يساره. الصوديوم - العنصر الحادي عشر - لديه عادةً أحد عشر إلكترونًا؛ والمغنيسيوم - العنصر الثاني عشر - لديه اثنا عشر إلكترونًا، وهلُمَّ جرًّا. كما تزداد العناصر في حجمها، فهي لا تقوم فقط بترتيب الإلكترونات في مستويات الطاقة، بل إنها تخزن تلك الإلكترونات في طبقات على أشكال

مختلفة، تسمى أغلفة ذات مدارات. ولكنَّ الذرات، بضعف الخيال والالتزام، تملأ الأغلفة ومستويات الطاقة في الترتيب نفسه ونحن نتحرك عبر الجدول. العناصر على الجانب الأيسر الأخير من الجدول وضعتْ الإلكترون الأول في المدار s، وهو كرويٌّ، وصغير، ويحمل فقط اثنيْن من الإلكترونات، وهو ما يفسِّر سبب كون العمودين على الجانب الأيسر أطول. بعد هذيْن الإلكترونيْن الأوليْن، تبحث الذراتُ عن شيء أكثر سعة عن طريق القفز عبر الفراغ، فتبدأ العناصر في الأعمدة على الجانب الأيمن في حزم الإلكترونات الجديدة؛ واحدًا تلوَ الآخر داخل المدار p الذي يبدو وكأنه رئة مشوهة. المدار p يمكن أنْ يحوي ستة إلكترونات، لذلك توجد الأعمدة الستة الطويلة على اليمين. لاحِظ أنه عبر كل صف بالقرب من الأعلى، يوجد اثنان من الإلكترونات في مدار s، بالإضافة إلى ستة إلكترونات

في مدار p؛ فيصل عددها إلى ثمانية إلكترونات؛ أي العدد الذي تريده معظم الذرات في الغلاف الخارجيِّ. وباستثناء الغازات النبيلة القانعة بذاتها، جميع إلكترونات الغلاف الخارجيِّ للعناصر متاحة للتفريغ أو التفاعل مع ذرات أخرى. هذه العناصر تتصرف بطريقة منطقية، فتضيف إلكترونًا جديدًا، وينبغي أنْ تغيِّر الذرة سلوكها؛ لأنَّ لديها إلكترونات أكثر متاحة للمشاركة في التفاعلات.

الآن، بالنسبة للجزء المحبط؛ تظهر المعادن الانتقالية من العمود الثالث إلى العمود الثاني عشر، ومن الصف الرابع إلى السابع، وتبدأ في وضع الإلكترونات في ما يسمّى المدار d الذي يحوي عشرة إلكترونات. (المدار d لا يبدو مثل أيِّ شيء محدد، بقدر ما يشبه أشكالاً مشوهة). وقياسًا على ما قامت به كل العناصر السابقة الأخرى مع الأغلفة الخاصة بها، ستتوقع أنَّ المعادن الانتقالية ستضع كل

إلكترون إضافيٍّ في المدار d في العرض على الطبقة الخارجية، وهذا الإلكترون الإضافيُّ سيكون متاحًا للتفاعلات أيضًا. ولكن لا، إنَّ المعادن الانتقالية تخبئ الإلكترونات الإضافية بعيدًا، وتفضِّل إخفاءها تحت طبقات أخرى.äøÅ قرار المعادن الانتقالية بانتهاك القواعد وإخفاء الإلكترونات في المدار d يبدو عملاً أخرق وغير متوقع، ولن يحب أفلاطون هذه الطريقة! ولكنه في النهاية عمل الطبيعة، وليس هناك ما يمكننا القيام به حيال ذلك!

هناك صعوبة في فهم هذه العملية. عادة، ونحن نتحرك أفقيًّا عبر الجدول، نجد أنَّ الإلكترونَ الإضافيَّ في كل المعادن الانتقالية يغيِّر سلوكه؛ كما يحدث مع عناصر في أجزاء أخرى من الجدول. ولكن، لأنَّ المعادن تخبئ إلكترونات المدار d في ما يشبه الأدراج السفلية المزيفة، تكون تلك الإلكترونات محمية. والذرات الأخرى التي تحاول

أنْ تتفاعل مع المعادن لا تتمكن من الحصول على تلك الإلكترونات، والنتيجة أنَّ العديد من المعادن في الصف تترك العدد نفسه من الإلكترونات معروضة؛ ولذلك تتصرّف بالطريقة نفسها كيميائيًّا. لهذا السبب، علميًّا، تبدو العديد من المعادن غامضةً، وتتصرف بطريقة غير مفهومة. إنها جميعها باردة، ورمادية، ومتكتلة؛ لأنَّ إلكتروناتها الخارجية لم تترك لها أيَّ خيار سوى الانصياع. (وبطبيعة الحال، لمجرد الخلط بين الأشياء، في بعض الأوقات الإلكترونات الكامنة لا تظهر ولا تتفاعل، وهذا ما يسبب اختلافاتٍ طفيفة بين بعض المعادن. وهذا هو أيضًا السببُ في أنَّ الكيمياء الخاصة بها مستفزة).

العناصر التي تحتوي على المدار f معقدة هي الأخرى؛ حيث تبدأ في الظهور في أول صفٍّ من صفيْ المعادن المعلَّقيْن تحت الجدول الدوريِّ. هذه مجموعة تسمى

اللانثانيدات (كما تُسمى أيضًا المعادن الأرضية النادرة، وبناءً على الأعداد الذرية من سبعة وخمسين إلى واحد وسبعين، فهي تنتمي حقًّا إلى الصف السادس، نزلتْ إلى الأسفل لجعل الجدول أنحف وأقل تزحزحًا). تخفي اللانثانيدات الإلكترونات الجديدة في مكان أكثر عمقًا بالمقارنة بالمعادن الانتقالية، في الغالب تخفيها في مستويين من الطاقة في الأسفل هذا يعني أنها تشبه أكثر المعادن الانتقالية، وبالكاد يمكن تمييزها عن بعضها بعضًا. التحرك على طول الصف يشبه القيادة من نبراسكا إلى جنوب داكوتا بدون الشعور بأنك قد عبَرتَ حدود الولاية.

من غير الممكن أنْ تجد عيناتٍ نقية من اللانثانيدات في الطبيعة، طالما أنَّ مثيلتها من اللانثانيدات تلوثها دائمًا. في حالة مشهورة، حاول كيميائيٌّ من نيوهامبشير عزل الثوليوم، العنصر التاسع والستين، فبدأ مع أطباق خزفية

ضخمة من مواد خام مليئة بالثوليوم، وعالج الخام مرارًا بالمواد الكيميائية، والغليان؛ وهي العملية التي قامت بتنقية جزء صغير من الثوليوم في كل مرة. استغرق التذويب وقتًا طويلاً، حيث كان يقوم بعملية واحدة فقط أو اثنتين يوميًّا في البداية. وفي النهاية، كرَّر هذه العملية الشاقة خمسة عشر ألف مرة، وباليد، وغربل مئات الباوندات الخام حتى وصل إلى أونصات فقط قبل أنْ ترضيه التصفية. ومع ذلك، كان لا يزال هناك القليل من التلوث من لانثانيدات أخرى كانت إلكتروناتها عميقة جدًّا، ولم تكن الكيمياء كافية للإمساك بها وسحبها.

يحرك سلوك الإلكترون الجدول الدوريَّ. ولكن، لكي تفهم العناصر حقًّا، لا يمكنك تجاهُل الجزءَ الذي يمثل أكثر من 99 في المائة من كتلتها؛ وهو النواة. وحيث إنَّ الإلكترونات تطيع قوانين أعظم العلماء الذي لم يفُز قط بجائزة نوبل،

فالنواة تطيع إملاءات من كان فوزها بجائزة نوبل احتمالاً غير وارد؛ وهي المرأة التي كان عملها أكثر تجولاً من لويس.

وُلدت ماريا غوبرت في ألمانيا عام 1906. وعلى الرغم من أنّ والدها كان أستاذًا أكاديميًّا من الجيل السادس، فقد عانتْ ماريا من صعوبة كبيرة في الالتحاق ببرنامج الدكتوراه نظرًا لكونها امرأة. لذا، انتقلتْ من كلية إلى أخرى لحضور المحاضرات بقدر ما تستطيع، إلى أنْ حصلتْ أخيرًا على شهادة الدكتوراه من جامعة هانوفر، ودافعتْ في نقاشها عن أطروحة الدكتوراه أمام أساتذة لم تلتقِهم من قبل. ومع عدم وجود توصيات أو معارف، لم يكن من المستغرب أنَّها لم تعيَّن في أيِّ جامعة بعد التخرج، ولكنها استطاعتْ أنْ تدخل مجال العلم بشكل غير مباشر من خلال زوجها، جوزيف ماير، وهو أستاذ الكيمياء الأمريكيِّ الذي كان يزور ألمانيا.

عادتْ مع زوجها إلى مدينة بالتيمور في ولاية ميريلاند عام 1930، وبدأ اسم غوبرت الجديد يرتبط باسم ماير في العمل والمؤتمرات. وللأسف، فقدَ ماير وظيفته عدة مرات خلال فترة الكساد الكبير، وهامت الأسرة بين الجامعات في نيويورك، ثم انتقلتْ إلى شيكاغو.

معظم المدارس تسامحتْ مع تسكُّع غوبرت ماير لتحاضر وتناقش في العلم؛ حتى إنَّ البعض تنازَل وأعطاها عملاً؛ على الرغم من رفضه دفع راتب لها، وكانت تقدم موضوعات نمطية بسيطة «مؤنثة»، مثل: البحث في ظاهرة الألوان. بعد انتهاء فترة الكساد، تجمَّع المئات من أقرانها في مشروع مانهاتن الذي أتاح تبادلاً نشطًا من الأفكار العلمية أكثر من أيِّ وقت مضى، وتلقتْ غوبرت ماير دعوة للمشاركة، ولكنها كانت مشاركة غير مؤثرة على هامش المشروع، وكان موضوعها فصل اليورانيوم ذي الأضواء

الساطعة. ولا شكَّ أنَّ وضعها على هامش المشروع أثار غضبها. لكن، نظرًا لرغبتها في العلم، كان هذا المشروع كافيًا لضمان مواصلة العمل في ظلِّ تلك الظروف.

بعد الحرب العالمية الثانية، بدأتْ جامعة شيكاغو أخيرًا النظر إليها بجدية كافية، وعيّنتها أستاذة للفيزياء. وعلى الرغم من أنها حصلتْ على مكتبها الخاص في القسم، إلا أنَّ الجامعة لم تدفع لها رواتبها. ومع ذلك، وبفضل تعيينها، بدأتْ العمل في عام 1948م على النواة، مركز الذرة وجوهرها.

داخل النواة، عدد البروتونات الإيجابية - العدد الذري - يحدد هوية الذرة. وبعبارة أخرى: لا يمكن للذرة أنْ تكسب أو تفقد البروتونات دون أن تصبح عنصرًا مختلفًا. ولا تفقد النواة في العادة النيوترونات أيضًا، ولكن يمكن لذرات العناصر أنْ تكون لها أعداد مختلفة من النيوترونات تسمى

النظائر. على سبيل المثال، نظائر الرصاص 204 والرصاص 206 لديها أعداد ذرية متطابقة (82)، ولكن بعدد مختلف من النيوترونات (122æ124 على التوالي). ويُسمى العدد الذريُّ بالإضافة إلى عدد النيوترونات بالوزن الذريِّ. استغرق الأمرُ من العلماء سنواتٍ عديدة لمعرفة العلاقة بين العدد الذريّ والوزن الذريّ. ولكن عندما عرفوها، أصبح الجدول الدوريّ أكثر وضوحًا بشكل كبير.

عرفتْ غوبرت ماير كلَّ هذا بطبيعة الحال، ولكن عملها صادفَ غموضًا كان أكثر صعوبة على الفهم؛ مشكلة بسيطة خادعة. أبسط عنصر في الكون، الهيدروجين، هو أيضًا الأكثر وفرة. أما العنصر الثاني الأبسط فهو الهيليوم، وهو ثاني العناصر الأكثر وفرة. في الكون الجماليِّ المرتب، إنَّ العنصر الثالث هو الليثيوم، ومن المنطقيّ أن يكون ثالث العناصر الأكثر وفرة، وهلم جرًّا... ولكنَّ الكون لدينا ليس

مرتبًا على هذا النحو؛ حيث إنَّ العنصر الثالث الأكثر شيوعًا هو الأكسجين، وهو العنصر الثامن. ولكن، لماذا؟ وجد العلماء الإجابة على هذا في أنَّ الأكسجين لديه نواة مستقرة جدًّا؛ لذلك فهي لا تتفكك أو «تنحل»، ولكن هذه الإجابة تعود بنا إلى سؤال آخر: لماذا بعض العناصر مثل الأكسجين لديها مثل هذه النوى المستقرة؟!

خلافًا لمعظم معاصريها، رأتْ غوبرت ماير رأيًا مخالفًا لاستقرار الغازات النبيلة الاستثنائية، وأشارتْ إلى أنَّ البروتونات والنيوترونات في النواة تكون في أغلفة تمامًا مثل الإلكترونات، وهذا الامتلاء في الذرة يؤدي إلى الاستقرار. هذا يبدو معقولاً، وقياسًا لطيفًا لشخص غير متخصص. ولكن جوائز نوبل لا تُعطَى بناء على التخمينات، وخصوصًا للإناث اللاتي لا يتقاضين رواتبَ.

الأهم من ذلك، إنَّ هذه الفكرة أزعجتْ علماء الذرة، حيث إنَّ العمليات الكيميائية والنووية مستقلة. وليس هناك سبب للاعتماد عليها، النيوترونات والبروتونات الملازمة لمواقعها يجب أنْ تتصرف مثل الإلكترونات الصغيرة والمتقلبة، وأن تترك مواقعها لتلك المجاورة لها والجذابة، ولكنها في الغالب لم تفعل ذلك!

باستثناء سعي غوبرت ماير وراء حدسها، جمعتْ معًا عددًا من التجارب غير المترابطة التي تثبت أنَّ النوى لديها أغلفة، وكوَّنت نموذج أغلفة نووية أطلقتْ عليه اسم النوى السحرية، ولأسباب رياضية معقدة، لا تعود النوى السحرية إلى الظهور بشكل دوريٍّ مثل خصائص العناصر. السحر يحدث في الأعداد الذرية؛ اثنين، ثمانية، عشرين، ثمانية وعشرين، خمسين، اثنين وثمانين، وهلمَّ جرًّا.

أثبت عمل غوبرت ماير أنَّه وفقًا لتلك الأرقام، تنظم البروتونات والنيوترونات نفسَها بدرجة عالية من الاستقرار، في مجالات متماثلة للغاية! كما لاحظتْ أيضًا أنَّ البروتونات الثمانية، والنيوترونات الثمانية في الأكسجين تزيد من السحر على نحو مضاعف، وبالتالي تجعلها مستقرة إلى الأبد، وهو ما يفسر أنها تبدو فائضة. يوضح هذا النموذج أيضًا بصورة واضحة لماذا العناصر مثل الكالسيوم (العنصر العشرين) وفيرة بشكل غير مطرد، وليس من قبيل المصادفة أنَّ أجسادنا تستخدم هذه المعادن المتوفرة بسهولة!

تردد هذه النظرية فكرة أفلاطون في أنَّ الأشكال الجميلة هي الأكثر كمالاً، وتكونها لنموذج السحر، وشكل النوى كجِرم سماويٍّ أصبح النموذج المثاليَّ الذي يتم الحكم عليه في كل نواة. وبالعكس، إنَّ العناصر التي تتشكل بين رقميْن

سحريين magic number هي الأقل وفرة؛ لأنها تشكل نوى قبيحة مستطيلة.

اكتشف العلماء أشكال الهولميوم (العنصر السابع والستين) المتعطشة للنيوترون، التي تلد «نواة كرة القدم» المشوهة والمتذبذبة. كما قد يتبادر إلى ذهنك من نموذج غوبرت ماير (أو من الاضطرار لمشاهدة شخص ما يفشل في إمساك كرة القدم خلال اللعب)، إنَّ كرات قدم الهولميوم ليست مستقرة جدًّا. وعلى عكس الذرات في الأغلفة، الإلكترونات غير المتوازنة، الذرات ذات النوى المشوَّهة لا يمكنها صيد النيوترونات والبروتونات من الذرات الأخرى لتحقيق التوازن لنفسها. لذا، إنَّ الذرات ذات النوى المشوهة، مثل نموذج الهولميوم، بالكاد تتشكل وتتفكك فورًا إذا قامت بذلك.

نموذج الغلاف النوويِّ يُعدُّ فيزياء رائعة، وهذا بلا شكّ السببُ في ما أصاب غوبرت ماير من قلق، وجعلها في حالة غير مستقرة بين العلماء، عندما اكتشفت أنه أعيد طرح هذا النموذج من قِبل فيزيائيين رجال في وطنها. لقد غامرتْ بفقدان فضل السبق في كل شيء. ومع ذلك، كلا الجانبين أنتجا الفكرة بشكل مستقل. وعندما اعترف الألمان بعملها وطلبوا منها أنْ تتعاون معهم، انطلق عمل غوبرت ماير، وحظيتْ بالثناء والإشادة على عملها، ثم انتقلتْ مع زوجها للمرة الأخيرة إلى سان دييغو عام 1959، حيث بدأتْ بداية حقيقية، وحصلتْ على وظيفة براتب في جامعة كاليفورنيا، ولم تتخلص قطّ من صدمة وصمها بالهاوية؛ فعندما أعلنت الأكاديمية السويدية في عام 1963 أنها قد فازت بأعلى شرف مهنيٍّ، كتبتْ صحيفة سان دييغو في يومها العظيم

الخبر تحت عنوان: «أم سان دييغو تحصل على جائزة نوبل!».

ولكن المسألة نسبية إلى حد كبير؛ فمن الجائز أنْ تكتب الصحف عنوانًا مهينًا كهذا عن جيلبرت لويس، فيستقبله في سعادة غامرة!

قراءة الجدول الدوريّ عبر كل صفٍّ تكشف الكثيرَ عن العناصر، ولكن هذا جزء من القصة فقط، وليس حتى الجزء الأفضل. العناصر في العمود نفسه، والمجاورة في خطوط العرض، هي في الواقع أكثر ارتباطًا من المجاورة في الصف الأفقيِّ. لقد اعتاد الناسُ على القراءة من اليسار إلى اليمين (أو من اليمين إلى اليسار) في كل اللغات الإنسانية تقريبًا، ولكن قراءة الجدول الدوريِّ صعودًا وهبوطًا، عمودًا بعمود، كما هو الحال في بعض أشكال اللغة اليابانية، هو في الواقع أكثر أهمية. القيام بذلك يكشف ضمنيًّا عن علاقة

غنية بين العناصر، بما في ذلك الخصومات والعداوات غير المتوقعة. الجدول الدوريُّ لديه قواعده الخاصة، والقراءة بين خطوطه يكشف قصصًا جديدة تمامًا.

الفصل الثاني:

توأم حميم، وخروف أسود:

علم أنساب العناصر

Ge Si C

كانت لشكسبير عبارة يقول فيها: «honorificabilitudinitatibus»، وهي جملة يتوقف معناها على من تتحدث إليه؛ فإمّا أنها تعني: «الحالة المفعمة بالشرف»، أو هي جناس لغويٌّ يعبِّر عن أنَّ فرانسيس بيكون هو المؤلف الحقيقيُّ لمسرحيات شكسبير، وليس الشاعر الكبير نفسه! ولكن هذه الكلمة، المكونة من سبعة وعشرين حرفًا، ليست طويلة بما فيه الكفاية لاعتبارها

أطول كلمة في اللغة الإنجليزية! بطبيعة الحال، إنّ محاولة تحديد أطول كلمة تشبه السباحة ضد التيار، فسرعان ما ستفقد السيطرة؛ حيث إنَّ اللغة مرنة وتغير اتجاهها بسرعة. ومما يبرهن أيضًا على أنَّ اللغة الإنجليزية تختلف باختلاف السياقات كلمةُ شكسبير السابقة التي وردتْ على لسان شخصية المهرج في مسرحية «عذاب الحب الضائع»، ومن الواضح أنها جاءت من اللغة اللاتينية. ولكن، ربما الكلمات الأجنبية - حتى لو تم استخدامها في الجمل الإنجليزية - لا ينبغي أنْ تُحسَب حروفها. أضِف إلى ذلك، أنك إذا حسبتَ الكلمات التي تمثِّل السوابق واللواحق الصغيرة في مثل كلمة «antidisestablishmentarianism» المكونة من ثمانية وعشرين حرفًا، أو الكلمة التي لامعنى لها «supercalifragilisticexpialidocious» المكونة من

أربعة وثلاثين حرفًا، فيجب على الكُتاب أنْ يربطوا القراء معهم طويلاً؛ حتى تُصاب أيديهم بتمزق عضليٍّ!

ولكن، إذا أردنا أنْ نعرف أطول كلمة ظهرت في وثيقة كُتبت باللغة الإنجليزية، والتي لم يكن هدفها تسجيل رقم قياسي كأطول كلمة، فنحن بصدد كلمة ظهرتْ في العام 1964 في مراجع كيميائية، وبالتحديد في مصدر مرجعيٍّ للكيميائيين شبيه بالقاموس. الكلمة تصف بروتينًا مُهمًّا يعتبره المؤرخون أولَ فيروس تم اكتشافه في عام 1892؛ وهو فيروس تبرقش التبغ.

هل تريد معرفة الكلمة؟ إذًا، استعد... وخُذ نفسًا، واقرأ!

lyreslynoerhtlycuelosilyreslysorytlyreslyteca
lalynehplylavlynalalynehplynimatulglyreslylorp
trapsalynalalyhpotpyrtlylavlyreslyreslycuellyna

nigarapsalycuellycuellymatulglycuelosilylorply
salycylglycuellyreslyreslynoerhtlynietsyclylavly
erhtlynimatulglynalalynehplynimatulglynigarap
tlynoerhtlynigralynalalynimatulglynimatulglyno
ehplynimatulglynimatulglylavlynimatulglynoerh
lorplysyllyhpotpyrtlylavlynimatulglyreslynalalyn
lavlynoerhtlyreslynimatulglylorplynalalynehply
ytlylavlytrapsalycylglylorplynalalynehplynigraly
alynigarapsalysorytlynigralysorytlylavlysyllysor
rhtlycuelosilycuellylorplytrapsalycuellylavlynal
alalynehplynoerhtlycylglycuellycuellynalalynoe
silynigralynigarapsalynigralynoerhtlytrapsalyn
igarapsalymatulglylavlymatulglycuelosilycuelo
erhtlynoerhtlylorplyreslynimatulglynimatulglyn

lynalalytrapsalycuellynoerhtlymatulglynalalyno
nalalytrapsalytrapsalylavlynigralynigralynoerht
lynalalyreslynigralycuelosilynalalylavlynoerhtly
psalylavlycuellynigarapsalycuelosilynigarapsa
ynoerhtlycylglynigralylavlycuellymatulglynigara
rapsalynimatulglynigarapsalysorytlycuellycylgl
oihtemlyreslymatulglynalalynehplynoerhtlyniga
glyreslyn
orplynalalyreslynoerhtlyhpotpyrtlylavlycuellycyl
.enireslynalalyl

هذه الأفعى الضخمة تمتد إلى 1185 حرفًا!

والآن، ما دام أيٌّ منكم لم يفعل أكثر من مجرد النظر إلى «الاسيتيل... سيرين» «acetyl... serine» فارجع وألقِ نظرة ثانية، وسوف تلاحظ شيئًا ما طريفًا في توزيع

الحروف؛ وهو أنَّ الحرف الأكثر استخدامًا في اللغة الإنجليزية (e) ظهر 65 مرة؛ والحرف الأقل استخدامًا (y) ظهر 183 مرة. والحرف (l) يمثل 22 بالمائة في الكلمة (255 مرة). والحرفان (l)æ(y) ظهرا في كثير من الأحيان عشوائيًّا متجاوريْن (166 مرة) بعد حوالى أقل أو أكثر من سبعة أحرُف. هذا ليس من قبيل المصادفة، إنَّ هذه الكلمة المفرطة في الطول تصف بروتينًا تم تكوينه من العنصر السادس (المتعدد الاستخدامات) في الجدول الدوريِّ، وهو الكربون.

الكربون على وجه التحديد، يشكِّل العمود الفقريَّ للأحماض الأمينية التي ترتبط معًا بسلسلة مثل الحبات لتشكل البروتينات. (يتكون بروتين فيروس تبرقش التبغ من 159 حمضًا أمينيًّا). وحيث إنَّ علماء الكيمياء الحيوية لديهم دائمًا العديد من الأحماض الأمينية للحساب؛ فإنهم

يصنفونها بقواعد لغوية بسيطة، من خلال اقتطاع حروف ine في الأحماض الأمينية مثل سيرين «serine» æÃ يسوليوكيني «isoleucine» وتغييرها إلى (yl)؛ مما يجعلها مناسبة في الإيقاع، مثل: «seryl» æÃ «isoleucyl».

وبهذا الترتيب، إنَّ هذه الكلمات المرتبطة (yl) تصف هيكل البروتين بشكل دقيق. وكما أنَّ الأشخاص العاديين يمكن أنْ يروا الكلمة المركبة «علبة الثقاب» ويفهموا معناها بسهولة، فقد أعطى علماء الكيمياء الحيوية في الخمسينيات وبداية الستينيات من القرن العشرين الجزيئات أسماءً رسميةً، مثل: «الاسيتيل... سيرين»؛ كي يتمكنوا من إعادة بناء جميع الجزئيات من الاسم وحده. كان النظام دقيقًا، مع أنه مرهق. تاريخيًّا، يعكس الميلُ إلى دمج الكلمات التأثيرَ القويَّ والغريب لتركيبة اللغة الألمانية في الكيمياء.

ولكن، لماذا تتشكل الأحماض الأمينية معًا بمجموعات أساسًا؟ إنَّ هذا يرجع إلى موقع الكربون في الجدول الدوريِّ، وحاجته لملء مستوى الطاقة الخارجي بثمانية إلكترونات، وهو المبدأ العلميُّ القائم على التجربة، والذي يسمى قاعدة الثمانيات. في كيفية استمرارية انتقال الذرات والجزئيات القوية واحدة تلو الأخرى، تقدم الأحماض الأمينية نهايةً أكثر تحضرًا، حيث تحمل الأحماض الأمينية ذرات الأكسجين في نهاية طرف، والنيتروجين في الطرف الآخر، وفي الجذع تحمل ذرتيْ كربون في الوسط (كما أنها تحتوي على الهيدروجين الذي يتفرع من الجذع الرئيس، الذي يمكن أنْ يكون عشرين جزءًا مختلفًا، ولكن هذا لا يعنينا). يريد كلٌّ من الكربون والنيتروجين والأكسجين الحصول على ثمانية إلكترونات في المستوى الخارجيِّ، ولكن هذا يكون سهلاً بالنسبة إلى عنصر أكثر من الآخر؛ فالأكسجين (العنصر

الثامن) لديه مجموع ثمانية إلكترونات، اثنان في مستوى الطاقة الأدنى - الذي يمتلئ أولاً - وبهذا يترك ستة لم تستخدم في المستوى الخارجيِّ؛ لذلك يبحث الأكسجين دائمًا عن إلكترونيْن إضافييْن. إنَّ العثور على زوجيْن من الإلكترونات ليس أمرًا صعبًا على الأكسجين العدوانيِّ الذي يمكن أنْ يملي شروطه الخاصة ويُرهِب الذرات الأخرى! وبطريقة الحساب نفسها تبيَّن أنَّ الكربون الفقير (العنصر السادس) لديه أربعة إلكترونات لم تُستخدم بعد ملء أول غلاف له؛ وبالتالي يحتاج إلى أربعة إلكترونات إضافية لجعلها ثمانية، وهذا من الصعب القيام به؛ والنتيجة هي أنَّ الكربون لديه معايير منخفضة جدًّا لتكوين الروابط، لذا يتعلق بأيِّ شيء تقريبًا.

إنَّ الاختلاط هو ميزة الكربون، وعلى عكس الأكسجين، يحب الكربون تكوين الروابط مع ذرّات أخرى في أيِّ اتجاه

يقدر عليه. في الواقع، يشارك الكربون إلكتروناته في ما يصل إلى أربع ذرات أخرى في وقت واحد، وهذا يسمح له ببناء سلاسل معقَّدة، أو حتى شبكات ثلاثية الأبعاد للجزيئات. وبسبب مشاركته الإلكترونات وعدم سرقته إيّاها، فإنَّ الروابط المتكونة تكون ثابتة ومستقرة. النيتروجين أيضًا يقوم بتشكيل الروابط المتعددة ليكون راضيًا، ولكن ليس على الدرجة نفسها مع الكربون. البروتينات التي وُصفت بالأفعى آنفًا، تستفيد ببساطة من هذه الحقائق عن العناصر. تشارك ذرة كربون واحدة في الجذع من الأحماض الأمينية بإلكترون مع النيتروجين في مؤخر جذع آخر، وتنشأ البروتينات عندما تكون هذه الكربونات القابلة للوصل والنيتروجين مرتبطة إلى حدٍّ كبير إلى ما لا نهاية؛ مثل الأحرف في الكلمة مفرطة الطول.

في الواقع، يستطيع العلماء في الوقت الحاضر فكَّ جزيئات أطول من «الاسيتيل... سيرين» والرقم المسجَّل حاليًا هو لبروتين عملاق يتكوّن اسمه من 189,819 حرفًا. ولكن خلال الستينيات، عندما توفرتْ أدوات سريعة للأحماض الأمينية، أدرك العلماء أنهم سينتهون سريعًا من استخدام هذه المصطلحات الكيميائية التي تكون بطول هذا الكتاب نفسه (التدقيق الإملائيُّ لها سيكون صعبًا للغاية!)[5] لذا أسقطوا نظام الحروف الجرمانية غير العملية وعادوا إلى الكلمات الأقصر، والعناوين الأقل تنميقًا، حتى لأغراض رسمية. فالجزيء الذي كان مكونًا من 189,819 حرفًا - على سبيل المثال - أصبح يسمى الآن - والشكر لله - titin تيتن. وعمومًا، لم يعُد مستساغًا أنْ يستخدم أيٌّ شخص اسم بروتين فيروس تبرقش التبغ الكامل في المطبوعات، أو حتى أنْ يحاول ذلك.

هذا لا يعني أنَّ مؤلفي المعاجم الطموحين عليهم ألاّ يستمروا في الكيمياء الحيوية؛ فلقد كان الطب دائمًا مصدرًا خصبًا للمصطلحات الطويلة التي تبعث على السخرية أحيانًا، وأطول الكلمات غير التقنية في قاموس أوكسفورد للغة الإنجليزية كانت على أساس العنصر القريب كيميائيًا من عنصر الكربون، وهو العنصر الذي كثيرًا ما استُشهد به كبديل في الحياة القائمة على الكربون في المجرات الأخرى، العنصر الرابع عشر، السيليكون.

في علم الأنساب، ينجب الآباء في أعلى شجرة العائلة الأطفالَ الذين يشبهونهم، وبالطريقة نفسها، إنَّ الكربون لديه قواسم مشتركة مع العنصر الذي تحته، السيليكون، أكثر من العنصريْن المجاوريْن له أفقيًا: البورون والنيتروجين. نحن نعلم السبب؛ الكربون هو العنصر السادس، والسيليكون هو العنصر الرابع عشر، وهذه الفجوة من ثمانية (ثمانية أخرى)

ليست من قبيل الصدفة. للسيليكون اثنان من الإلكترونات يملآن مستوى الطاقة الأول، وثمانية تملأ المستوى الثاني؛ وبهذا يترك أربعة من الإلكترونات، ويقع السيليكون في المأزق نفسه الذي وقع فيه الكربون. ولكن، في هذه الحالة، يُظهر السيليكون بعضَ مرونة الكربون أيضًا. ولأنّ مرونة الكربون مرتبطة مباشرة بقدرتها على تشكيل الحياة، فإنَّ قدرة السيليكون على تقليد الكربون هي حُلم أجيال من هواة الخيال العلميِّ المهتمين بالحياة البديلة - وهي الكائنات خارج الأرض - التي تتبع قواعد مختلفة من الحياة المرتبطة بالأرض. في الوقت نفسه، علم الأنسابِ ليس قدرًا محتومًا؛ حيث إنَّ الأطفال لا يشبهون آباءهم تمامًا. لذا، ما دام هناك ارتباطٌ وثيقٌ بين الكربون والسيليكون، فإنهما عنصران متميزان يشكلان مركبات متميزة. ومع الاعتذار لهواة الخيال

العلميِّ، فالسيليكون لا يمكنه أنْ يقوم بالحيل العجيبة مثل الكربون!

ومن الغريب أننا نستطيع أنْ نتعلم حول محدودية السيليكون من خلال تحليل كلمة أخرى ذات رقم قياسيٍّ؛ الكلمة التي تمتد طويلاً بشكل سخيف للسبب نفسه الذي تمتد لأجله كلمة البروتين القائم على الكربون أعلاه المكون من 1,185 حرفًا. وبصدق، هذا البروتين لديه نوعٌ من صيغة الاسم في الغالب من أجل حداثته، وبالطريقة نفسها في حساب الباي إلى تريليونات الأرقام. في المقابل، إنَّ أطول كلمة غير تقنية سُجِّلت في قاموس أوكسفورد للُّغة الإنجليزية هي كلمة من خمسة وأربعين حرفًا، وهي:
oinoconaclovociliscipocsorcimartluonomuenp»
sis»، وتعني: مرض يكون «السيليكون» في جوهره. عشاق الكلمات (المهووسون بالكلمات) يشيرون إلى هذه الكلمة

باللغة العامّية المختصرة بالرمز «p 45»، ولكن هناك سؤالاً عمّا إذا كان «p 45» مرضًا حقيقيًّا بالفعل؛ حيث إنه نوعٌ من حالات الرئة المستعصية التي تسمّى تغبُّر الرئة (السُّحار) pneumonoconiosis. الكلمة p 16 تشبه الالتهاب الرئويَّ، وتُعد أحد الأمراض التي من أسبابها استنشاق الأسبستوس. كما أنَّ استنشاق ثاني أكسيد السيليكون، وهو المكون الرئيس في الرمل والزجاج، يمكن أنْ يسبب تغبُّر الرئة أيضًا، فعُمال البناء الذين يتعاملون بالرمل طوال اليوم وعمال العزل في المصانع الذين يستنشقون غبار الزجاج غالبًا ما يصابون بمرض p 16 القائم على السيليكون. ولأنّ غاز ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) هو المعدن الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية، فإنَّ طائفة أخرى معرَّضة للمرض نفسه، وهي سكان المناطق القريبة من البراكين النشطة؛ لأنَّ البراكين القوية تطحن السيليكا إلى

فتات صغيرة، وتنفث ملايين الأطنان منها في الهواء. وهذه الفتات سهلة التسلل إلى حويصلات الرئة؛ لأنَّ الرئتين لدينا تتعاملان بانتظام مع غاز ثاني أكسيد الكربون، ولا تريان حرجًا في امتصاص قريبه (SiO 2) الذي يمكن أن يكون قاتلاً. العديد من الديناصورات لقيت حتفها بهذه الطريقة عندما ضرب كويكبٌ أو مذنَّب بحجم مدينة الأرضَ قبل 65 مليون سنة.

مع أخذ كل هذا في الاعتبار، فإنَّ تحليل السوابق واللواحق في كلمة «p 45» ينبغي أنْ يكون أسهل الآن كثيرًا. يُطلَق على أمراض الرئة الناجمة عن استنشاق فُتات السيليكا البركانية؛ أثناء فرار السكان من مكان الحادث وهم يتنفسون بقوة، pneumono–ultra–microscopic–silico–volcano–coniosis. قبل البدء في إسقاطها من المحادثات، على الرغم من ذلك، أعرف أنَّ العديد من

الصفائيين يمقتونها. صاغ شخص ما «p 45» للفوز في مسابقة في العام 1935، وما زال بعض الناس يطلقون عليها ساخرين: «الكلمة التذكارية. " حتى إنّ المحررين المرموقين في قاموس أوكسفورد للغة الإنجليزية شوهوا كلمة «45p»من خلال تعريفها بأنها «كلمة شرسة»، تلك التي «تدَّعي معنى» ما تقوم به فقط. نشأ هذا البغض لأنّ كلمة «45p» اشتُقَّتْ فقط من كلمة «حقيقية»، ولكن تمَّ التلاعب بكلمة «45p» بشكل مصطنع بدلاً من التطور الطبيعيِّ في سياق اللغة.

عن طريق البحث بشكل أعمق في السيليكون، يمكن أنْ نستكشف ما إذا كانت ادعاءات الحياة القائمة على السيليكون ممكنة. حتى لو كانت هناك مبالغة في المجاز في الخيال العلمي، فإنَّ حياة السيليكون فكرة مهمة لأنها توسع فكرة مركزية الكربون في إمكانات الحياة. يمكن أنْ

يشير هواة السيليكون إلى عدد قليل من الحيوانات على الأرض التي توظف السيليكون في أجسامها؛ مثل قنافذ البحر ذات العمود الفقريِّ من السيليكون، وراديولاري البروتوزوا (الكائنات وحيدة الخلية) التي تكون السيليكون خارج الهيكل الواقي. التقدم في مجال الحوسبة والذكاء الاصطناعيِّ يشير أيضًا إلى أنَّ السيليكون يمكن أنْ يشكل «أدمغة» معقدة، تمامًا كما تفعل الأدمغة المعتمدة على الكربون. من الناحية النظرية، ليس هناك ما يمنع من أنْ يحل محل كل الخلايا العصبية في الدماغ ترانزستور من السيليكون.

ولكن كلمة «p 45» تقدِّم دروسًا في الكيمياء العملية؛ تلك التي تدفع للتأمل في حياة السيليكون. من الواضح أنَّ أشكال حياة السيليكون ستحتاج إلى نقل السيليكون من - وإلى - أجساد الكائنات القائمة على السيليكون؛ لإصلاح

الأنسجة... تمامًا مثل المخلوقات على الأرض مع الكربون. على الأرض، يمكن أنْ تقوم المخلوقات عبر السلسلة الغذائية (وهي - من نواحٍ كثيرة - أهم أشكال الحياة) بذلك عن طريق ثاني أكسيد الكربون الغازيِّ. يرتبط السيليكون دائمًا بالأكسجين في الطبيعة أيضًا، وعادة بصيغة (2OiS). ولكن، على عكس ثاني أكسيد الكربون، إنَّ ثاني أكسيد السيليكون (حتى مع فتات الغبار البركانيِّ) صلبٌ وليس غازًا؛ في درجة الحرارة العادية. (ولا يصبح غازًا إلاّ عند درجة حرارة 4,000 فهرنهايت!) على مستوى التنفس الخلويِّ cellular respiration، والمواد الصلبة في التنفس لا تعمل؛ وذلك لأنَّ المواد الصلبة تلتصق ببعضها بعضًا، كما أنها لا تتدفق، ومن الصعب الحصول على الجزيئات المنفصلة التي تحتاجها الخلايا للعمل. وحتى في حياة السيليكون البدائية، كما في الطحلب، سيكون التنفس صعبًا

عليه. وبطبيعة الحال، إنَّ الكائنات الأكثر تعقيدًا وتطورًا ذات الخلايا المتعددة ستكون أسوأ حالاً. وبدون طُرق لتبادل الغازات مع البيئة، ستجوع الكائنات القائمة على حياة السيليكون الشبيهه بكائنات كوكب الأرض، كما ستختنق الحيوانات القائمة على السيليكون من النفايات، مثلما تختنق رئتنا المعتمدة على الكربون بسبب مرض «45p».

من جهة أخرى، هل يمكن لميكروبات السيليكون طرد السيليكا (ثنائي أكسيد السيليكون) أو امتصاصه بطرق أخرى؟ نعم، يمكن! ولكن السيليكا لا يمكن أنْ يذوب في الماء؛ السائل الأكثر وفرة على الأرض حتى الآن. لذا، ستتخلى تلك المخلوقات عن المزايا التطورية، وستستعين بالدم أو أيِّ سائل لتدوير المغذيات والنفايات. إنَّ المخلوقات القائمة على السيليكون تضطر إلى الاعتماد على المواد

الصلبة التي لا تختلط بسهولة؛ لذا من المستحيل أنْ نتصوَّر أنَّ أشكال حياة السيليكون تفعل الكثير من أيِّ شيء.

والأكثر من ذلك، إنَّ السيليكون يجمع إلكترونات أكثر من الكربون، وبالتالي فهو أضخم؛ مثل الكربون مع خمسين باوندًا إضافيًّا. في بعض الأحيان، هذه ليست مشكلة كبيرة. السيليكون قد يكون بديلاً كافيًا للكربون لسكان المريخ في الدهون أو البروتينات. لكن الكربون أيضًا يلوي نفسه إلى جزيئات حلقية نسميها السكريات. الحلقات ذات حالة الجهد المرتفع - وهو ما يعني أنها تخزن الكثير من الطاقة - والسيليكون ليس لينًا بما يكفي للانثناء في الموضع الصحيح لتشكيل حلقات. وفي مشكلة ذات صلة، لا يمكن لذراتِ السيليكون ضغط الإلكترونات في مساحات ضيقة في روابط ثنائية، والتي تظهر تقريبًا في كل مجال معقَّد من الكيمياء الحيوية. (عندما تتشارك ذرتان اثنين من الإلكترونات فإنها

تكوِّن رابطة أحادية، وعندما تتشارك بأربعة إلكترونات تكوِّن رابطة ثنائية).

ولذلك، إنَّ الحياة القائمة على السيليكون لدينا تقدم خيارات أقل لتخزين الطاقة الكيميائية، وصنع الهرمونات الكيميائية. وإجمالاً، يمكن فقط للكيمياء الحيوية المتطرفة دعم الحياة القائمة على السيليكون التي تنمو، وتتفاعل، وتستنسخ، وتهاجم بالفعل. (قنافذ البحر وراديولاري[13] تستخدم السيليكا فقط للحصول على الدعم الهيكلي، وليس للتنفس أو تخزين الطاقة). وحقيقة أنَّ الحياة القائمة على الكربون تطورت على الأرض على الرغم من كون الكربون إلى حدٍّ كبير أقل شيوعًا من السيليكون تكاد تكون دليلاً في حد ذاتها[14]. أنا لستُ من الغباء بما يكفي للتنبؤ بأنَّ بيولوجيا السيليكون أمرٌ مستحيل. ولكن، ما لم تتبرز تلك المخلوقات الرمل، وما لم تعِش على الكواكب مع البراكين التي تقذف

باستمرار جزئيات السيليكا المجهرية الفائقة، فإنَّ هذا العنصر ربما لا يرتقي إلى مستوى مهمة جعل الحياة حقيقة.

لحسن حظه، كفل السيليكون لنفسه الخلود بطريقة أخرى؛ مثل الفيروس، ذلك المخلوق شبه الحيِّ، فإنه يتملص إلى بيئة تطورية، ويعيش على افتراس الطفيليات في العنصر الأضعف منه.

هناك المزيد من الدروس من علم الأنساب نستقيها من عمود الكربون والسيليكون في الجدول الدوريِّ. تحت السيليكون، نجد الجرمانيوم. وأسفل من الجرمانيوم، نجد بشكل غير متوقع القصدير. درجة واحدة إلى الأسفل هناك الرصاص. عند التحرك مباشرة إلى أسفل الجدول الدوريِّ، نمر من الكربون العنصر المسؤول عن الحياة، إلى السيليكون والجرمانيوم العنصرين المسؤولين عن الإلكترونيات الحديثة، إلى القصدير؛ وهو المعدن الرماديُّ

الباهت الذي يُستخدَم لتعليب الذرة، فالرصاص؛ العنصر الأكثر أو الأقل عدوانية في الحياة. كل خطوة صغيرة هي تذكيرٌ جيد بأنَّ العنصر قد يشابه ما تحته؛ ولكن التغيرات الصغيرة تتراكم.

هناك درسٌ آخر، وهو أنَّ كل عائلة لديها «خروفٌ أسود»[15]، وهو شخص يختلف عن القطيع بدرجة ما أكثر أو أقل، وفي حالة العمود الرابع عشر، الخروف الأسود هو الجرمانيوم، العنصر البائس الحظ، نحن نستخدم السيليكون في أجهزة الكمبيوتر، في الرقائق، في السيارات والآلات الحاسبة، أرسلتْ أشباه الموصلات المصنوعة من السيليكون الرجالَ إلى القمر، ومدَّت شبكة الإنترنت عبر الآفاق. ولكن لو كانت الأمور سرتْ بشكل مختلف قبل ستين عامًا، لكان

وادي الجرمانيوم في شمال ولاية كاليفورنيا هو موضوع الساعة.

بدأتْ صناعة أشباه الموصلات الحديثة في عام 1945 في مختبرات بيل في ولاية نيو جيرسي، على بُعد أميال فقط من المكان الذي أتمَّ فيه توماس ألفا إديسون اختراعه قبل سبعين عامًا. كان وليام شوكلي - وهو مهندس كهربائيٌّ وفيزيائيٌّ - يحاول بناء مكبر صغير من السيليكون لاستبدال الأنابيب المفرغة في أجهزة الكمبيوتر المركزية. يكره المهندسون الأنابيب المفرغة لأنها مزعجة بأغلفتها الطويلة، والشبيهة بالمصباح الزجاجيِّ، ولهشاشتها، ولتعرضها لإرتفاع الحرارة، ولكنهم - مع كرههم لها - بحاجة إلى هذه الأنابيب، لأنّه ما من شيء آخر يمكن أن يقوم بعملها المزدوج: فالأنابيب تضخِّم الإشارات الإلكترونية، لكي لا تضيع الإشارات الضعيفة، وتعمل كممرات ذات

اتجاه واحد للحصول على الكهرباء؛ لذا لا يمكن للإلكترونات أنْ تسير إلى الوراء في الدوائر. (إذا تدفقتْ أنابيب الصرف الصحيِّ لديك في كلا الاتجاهين، فبإمكانك أنْ تتخيل المشاكل المحتملة) فعل شوكلي بالأنابيب المفرغة ما فعله إديسون بالشموع، وكان يعلَم أنَّ العناصر شبه الموصلة هي الإجابة: يمكن الحصول على التوازن الذي يريده المهندسون من خلال السماح للإلكترونات الكافية بتشغيل الدائرة (في الجزء «الموصل»)، ولكنها ليستْ بالكثرة حيث تستحيل السيطرة على الإلكترونات (في الجزء «شبه الموصِّل»). كان شوكلي شخصًا حالمًا أكثر من كونه مهندسًا، فمكبر السيليكون لم يكبر أيَّ شيء؛ وشعر بالإحباط بعد جهد عامين غير مثمر، وترَك المهمة لاثنين من فريقه، جون باردين ووالتر براتين.

ووفقًا لإحدى الروايات عنهما، فإنَّ جون باردين ووالتر براتين ارتبطا ارتباطًا وثيقًا، وعملا بتكامل وتفاهم؛ فقد كان باردين هو العقل المفكر، بينما كان براتين اليدين المنفذتيْن. " كان هذا التعايُش مريحًا، حيث إنَّ باردين - الذي يوصف «بالمثقف» - لم يكن بارعًا جدًّا في العمل بيديه. هذا الفريق المشترك حدَّد سريعًا أنَّ السيليكون كان هشًا جدًّا، ومن الصعب تنقيته للعمل كمكبر. بالإضافة إلى أنهما يعلمان أنَّ إلكترونات الجرمانيوم الخارجية في مستوى طاقة أعلى من السيليكون، وبالتالي فهي أكثر حرية. وبموصلات كهربائية أكثر سلاسة، وباستخدام الجرمانيوم، اخترع جون باردين والتر براتين أول مكبر بحالة صلبة (بدلاً من الأنابيب المفرغة) في ديسمبر 1947، وأطلقا عليه اسم الترانزستور.

هذا الخبر كان كفيلاً بأن يُسعد شوكلي سعادة غامرة، إلا أنَّ وجوده في باريس عشية عيد الميلاد جعل من الصعب

بالنسبة له أنْ يدَّعي أنه قد أسهم في اختراعه (ناهيك عن أنه استخدم العنصر الخطأ). لذا، خطط شوكلي لأخذ الفضل من عمل باردين وبراتين. لم يكن شوكلي رجلاً شريرًا، لكنه كان لا يرحم عندما يكون مقتنعًا بأنه على حق، وقد بات حينها مقتنعًا أنه يستحق الفضل في اختراع الترانزستور. (هذه القناعة الممتزجة بالقسوة عادتْ في سنوات شوكلي الأخيرة؛ بعد تركه فيزياء الحالة الصلبة، واتجاهه إلى «علم» تحسين النسل، التكاثر البشريِّ على نحو أفضل؛ حيث كان يعتقد في براهمة الطبقات المثقفين، وبدأ في التبرع «لبنك الحيوانات المنوية للعباقرة» [16]، كما اعتقد في مناصرة اتجاه تعقيم الفقراء والأقليات، ووقف إضعاف معدل الذكاء الجماعيِّ للبشرية).

عائدًا بسرعة من باريس، ثبَّت شوكلي مكانه مرة أخرى بمعنى الكلمة في صورة الترانزستور. فكثيرًا ما كان يظهر مع رفيقيه في صور مختبرات بيل الدعائية على افتراض أنهم في العمل، وهو واقف دائمًا بين باردين وبراتين، ويُشرِّح هذا الكائن المشترك واضعًا يديه على المعدات؛ مما يضطر الاثنين الآخرين للنظر من فوق كتفيه وكأنهما مجرد مساعدين له. أصبحتْ تلك الصور هي الواقع الجديد، واعترف المجتمعُ العلميُّ بشكل عام بالفضل للرجال الثلاثة. شوكلي أيضًا - مثل الأمير الصغير في إقطاعية - أبعَد منافسه الفكريَّ الرئيس - باردين - إلى مختبر آخر غير ذي صلة؛ حتى يتمكن شوكلي من تطوير الجيل الثاني، والأكثر تجارية من ترانزستورات الجرمانيوم.

وكما هو متوقع، ترك باردين العملَ في مختبرات بيل سريعًا، ونال وظيفة أكاديمية في ولاية إيلينوي، وكان في

الواقع في غاية الاشمئزاز، حتى إنه تخلى عن أبحاث أشباه الموصلات.

أصبحتْ الأمور سيئة بالنسبة للجرمانيوم أيضًا؛ فبحلول عام 1954، انتشرتْ صناعة الترانزستور. وتوسعتْ طاقة عمليات أجهزة الكمبيوتر من حيث الحجم، وفتحتْ خطوط إنتاج جديدة؛ مثل أجهزة راديو الجيب التي انتشرت انتشارًا واسعًا. ولكن، على الرغم من هذا الازدهار، بقي المهندسون يغازلون السيليكون؛ جزئيًّا فعلوا ذلك لأنَّ الجرمانيوم كان متقلب وكثير العطب. كنتيجة طبيعية لتوصيل الكهرباء بشكل قوي، تولّدت حرارة غير مرغوب فيها أيضًا؛ مما تسبب في توقف ترانزستورات الجرمانيوم في درجات الحرارة عالية. الأهم من ذلك، أنَّ السيليكون - العنصر الرئيس من الرمل - كان ربما أرخص من التراب كما يقول المثل. كان

العلماء لا يزالون وفيِّين للجرمانيوم، لكنهم كانوا يستهلكون كمية كبيرة من الوقت للتفكير في السيليكون.

وفجأة، في اجتماع تجاريٍّ ضمن مندوبي الشركات المصنعة لأشباه الموصلات في ذلك العام، وبعد أن ألقى أحدهم خطابًا متشائمًا عن عدم جدوى ترانزستورات السيليكون، قام مهندس صفيق من تكساس وأعلن أنه يحمل واحدًا في جيبه. هل يحب الحضور المشاهدة؟ كان يشبه فينس بارنوم[17] - واسمه الحقيقيُّ جوردون تيل - ثم وصَّل جهاز تسجيل كهربائيًّا يُدار بالجرمانيوم إلى مكبرات صوت خارجية، وفي ما يشبه ألاعيب القرون الوسطى، أنزل الأجزاء الداخلية للجهاز في وعاء من الزيت المغلي. وكما هو متوقع، اختنق جهاز التسجيل وانتهى أمره ومات! وبعد التقاط الأجزاء الداخلية من الوعاء، نزع تيل ترانزستورات الجرمانيوم، وأعاد ربط الجهاز هذه المرة بترانزستورات

السيليكون. ومرة أخرى أسقطه في الزيت، وعمِل الجهاز وصدح صوت الفرقة الموسيقية! في هذا الوقت، تدافع مندوبو المبيعات للوصول إلى الهواتف خارج القاعة للاتصال بشركاتهم، وفشل الجرمانيوم!

لحسن حظ باردين، انتهى الجانب المتعلق به بالقصة بسعادة - وإن كانَ بغير إتقان - حيث أثبت عمله مع أشباه موصلات الجرمانيوم أهميتها الكبيرة؛ لدرجة أنه هو وبراتين وشوكلي - الذي تنفس الصعداء - فازوا جميعًا بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1956.

سمع باردين خبر فوزه بجائزة نوبل على جهاز الراديو الخاص به (الذي كان في ذلك الحين يعمل بالسيليكون) بينما كان يُجهز الفطور، وارتبك من شدة المفاجأة، وأسقط البيض المخفوق المُعَد للأسرة على الأرض، لم تكن هذه زلته الوحيدة ذات الصلة بجائزة نوبل!

فقبل أيام من حفل الجائزة في السويد، غسل ربطة عنقه، وقميصه الأبيض الرسميَّ بمسحوق الغسيل الملون؛ مما صبغهما باللون الأخضر؛ تمامًا مثل ما قام به أحد طلابه في الجامعة من قبل. وفي يوم الاحتفال، كان هو وبراتين متوترَيْن للغاية من لقاء ملك السويد غوستاف، لذا تجرعا كمية من ماء التونيك المخلوط لتهدئتهما. ومن الواضح أنها لم تساعد عندما عاتب الملك غوستاف باردين لتركه أبنائه في جامعة هارفارد (كان باردين خائفًا من أن يفوِّتوا الاختبارات في حال مجيئهم معه إلى السويد)، فردَّ باردين بنكتة فاترة: «ها ها، سأحضرهم معي في المرة القادمة عندما أحصل على جائزة نوبل!».

وبصرف النظر عن هذه الزلات، فقد ألقيت في الحفل كلمة قصيرة توجز الأهمية العالية لأشباه الموصلات. كانت الأكاديمية السويدية للعلوم، التي تقوم بإدارة جوائز نوبل في

الكيمياء والفيزياء تميل في ذلك الوقت إلى تكريم البحوث النظرية أكثر من الهندسة، وكان فوز الترانزستور اعترافًا نادرًا بالعلوم التطبيقية. ومع ذلك، وبحلول عام 1958؛ واجهتْ صناعة الترانزستور أزمة أخرى. وبعد أنْ خرج باردين من الميدان، ظل الباب مفتوحًا أمام بطل آخر.

على الرغم من أنه يضطر للانحناء حتى يتمكن من دخول الباب (حيث كان بطول ست أقدام) فإنَّ جاك كيلبي سرعان ما دخل الميدان. بلكنته البطيئة من كانساس وملامحه الجامدة، أمضى كيلبي عشر سنوات في منطقة التكنولوجيا العالية الريفية ميلووكي، قبل أنْ يحصل على وظيفة في شركة تكساس إنسترومنتس عام 1958. على الرغم من تدريبه في الهندسة الكهربائية، فقد وُظف كيلبي لحل مشكلة أجهزة الكمبيوتر المعروفة باسم «استبداد الأرقام» Tyranny of numbers.

في الأساس، ما دامت ترانزستورات السيليكون الرخيصة تعمل بشكل جيد، فإن دوائر الكمبيوتر البارعة تحتاج إلى العشرات منها. وهذا يعني أنَّ على الشركات - مثل شركة تكساس إنسترومنتس - أنْ توظف مجموعات كبيرة من ذوي الأجور المنخفضة والفنيين - معظمهم من الإناث - الذين لا يفعلون شيئًا طوال اليوم سوى الانحناء على المجاهر، وهم يتذمرون ويتعرقون مرتدين معاطف واقية، بينما يقومون بلَحْم أجزاء السيليكون معًا.

بالإضافة إلى كونها مكلفة، كانت هذه العملية غير فعالة أيضًا؛ فلو كان واحد من أسلاك الدوائر تلك ضعيفًا، فستكون الدائرة عرضة للكسر أو التلف لا محالة، وستخمد الدائرة كلها. ولم يستطع المهندسون الوصول إلى حاجتهم من هذا العدد الكبير من الترانزستورات؛ إنه استبداد الأرقام!

باشر كيلبي عمله في شركة تكساس إنسترومنتس خلال شهر يونيو الحار. وباعتباره موظفًا جديدًا لم يكن يُسمح له بإجازة، لذا عندما خرج الآلاف من الموظفين لقضاء العطلات الإلزامية في يوليو، تُرك وحده في مكان عمله. لا شك أنَّ هذا الهدوء جعله يفكر، ومن ثم اقتنع بأنَّ توظيف الآلاف من الناس على الترانزستورات والأسلاك معًا كان عملاً أحمق، كما أنَّ غياب المشرفين أعطاه وقتَ فراغ لمتابعة فكرة جديدة تسمى الدائرة المتكاملة.

لم تكن ترانزستورات السيليكون هي الأجزاء الوحيدة التي يتم تركيب أسلاكها باليد، فالمقاومات الكربونية والمكثفات الخزفية كانت تغطى بأنبوب عازل جنبًا إلى جنب مع الأسلاك النحاسية. تخلص كيلبي من نظام العنصر المنفصل، ومن ثم حفر كل شيء - المقاومات، والترانزستورات، والمكثفات - من قطعة واحدة صلبة من

أشباه الموصلات. لقد كانت فكرة باهرة؛ الاختلاف الهيكليّ والفنيّ، بين حفر قطعة واحدة من الرخام وحفر كل طرف على حدة، ثم محاولة احتواء القطعة معًا بالأسلاك. ولأنه لا يثق بنقاء السيليكون في صنع المقاومات والمكثفات، فقد التفت إلى الجرمانيوم؛ النموذج الأوَّلي له.

في نهاية المطاف، حررتْ هذه الدوائر المتكاملة المهندسين من استبداد الأسلاك اليدوية؛ لأنَّ القِطع كلها كانت مصنوعة من الكتلة نفسها، فلم تكن بحاجة للَحْمِها معًا؛ وذلك لأنَّ الدوائر المتكاملة سمحتْ للمهندسين أيضًا بالقيام بشكل آليٍّ بعمليّة حفر، وصنع مجموعات من الترانزستورات المجهرية؛ أول شرائح كمبيوتر حقيقية. لم يحصل كيلبي على كامل الفضل في اختراعه (فبعد أشهر تالية، قدَّم أحد منافسيه دعوى للحصول على براءة الاختراع بتفاصيل أكثر بقليل، وسحبت الحقوق بقوة من شركة

كيلبي). ولكن، ما زال خبراء الكمبيوتر ينسبون الفضل إلى كيلبي في هذا الإنجاز الهندسيِّ. في الصناعات التي تحسب وتطور المنتج شهريًّا، ما زالت الرقائق تُستخدم بتصميمها الأساسي بعد خمسين عامًا. وفي عام 2000، حصل كيلبي متأخرًا على جائزة نوبل عن دائرته المتكاملة[18].

للأسف، على الرغم من ذلك، لا شيء يمكن أنْ يعيد سمعة الجرمانيوم. دائرة الجرمانيوم الأصلية لكيلبي اختفتْ في معهد سميثسونيان، ولكن الجرمانيوم انتشر في سوق السلع الرخيصة. كان السيليكون رخيصًا جدًّا ومتوفرًا أيضًا. السير إسحاق نيوتن له مقولة شهيرة عن أنه «حقق كل شيء من خلال الوقوف على أكتاف العمالقة»، وكما أنَّ هناك رجل العلم الذي بنى على نتائج غيره، فإنَّ الشيء نفسه يمكن أنْ يُقال عن السيليكون. بعد أن قام الجرمانيوم

بعمله وأصبح السيليكون رمزًا، نُفي الجرمانيوم خامل الذكر في الجدول الدوريِّ!

في الحقيقة، هذا مصير مشترك في الجدول الدوريِّ، ومعظم العناصر المجهولة لا تستحق ذلك! حتى إنّ أسماء العلماء الذين اكتشفوا العديد منها، والذين رتبوها في الجداول الدورية الأولى تم نسيانهم منذ فترة طويلة. أيضًا مثل السيليكون الآن، عدد قليل من الأسماء حقق شهرة عالمية، وليس دائمًا لأفضل الأسباب. كل العلماء الذين عملوا على الجداول الدورية المبكرة وجدوا تشابهًا بين عناصر معينة. كانت المادة الكيميائية «الثالوث» - مثل الكربون والسيليكون والجرمانيوم في العصر الحديث - الدليلَ الأول على أنَّ النظام الدوريَّ موجود. ولكن بعض العلماء أثبت أنه أكثر سهولة من غيره في ملاحظة دقائق الأشياء، والصفات التي

تكون في أسر الجدول الدوري تشبه الدمامل أو الأنوف الملتوية المتوارثة لدى البشر.

إن معرفة كيفية تتبُّع مثل هذا التشابه وتوقعه، سمحت لعالِم واحد - وهو ديمتري مندليف - بالدخول إلى التاريخ من أوسع أبوابه، ليحصل على لقب «أبو الجدول الدوريِّ».

الفصل الثالث:

أرخبيل غالاباغوس للجدول الدوريّ

Tb Er Yb Y Ce Ga As

يمكننا القول إنّ تاريخ الجدول الدوريِّ هو نفس تاريخ العلماء الذين شيَّدوه لبنة لبنة، مثل أصحاب الأسماء اللامعة الذين يذكرهم التاريخ، من أمثال: الدكتور غيلوتن æÃ¡[19] تشارلز بونزي[20]، أو جول ليوتارد[21]، أو إتيان دي سلويت[22]¡ وقد تبتسم إذا عرفتَ أنَّ شخصًا ما قال ذلك فعلاً.ÅãæÏ الجدول الدوريِّ يستحقون ثناءً خاصًّا؛ فالموقد المستخدم لعناصر الجدول - والمسمّى على اسم مخترعه - قد ساعد في تحقيق الكثير من الأعمال المثيرة؛ أكثر من أيِّ مختبر

آخر في التاريخ. المخيب للآمال، أنَّ الكيميائيَّ الألمانيَّ روبرت بنسن لم يخترع موقده في الواقع، بل اقتصر عمله على تحسين التصميم، وذاع صيته في منتصف القرن التاسع عشر. وبخلاف موقد بنسن، فإنه لم يستطع أنْ يجنب نفسَه الكثيرَ من الخطر والدمار في حياته.

كان الحبُّ الأول لبنسن هو الزرنيخ. وعلى الرغم من أنَّ العنصر الثالث والثلاثين له سمعة سيئة لا بأسَ بها منذ عصور سحيقة (فقد استخدمه القتلة الرومان لتسميم التين ولقتل من يأكله)، إلاّ أنَّ عددًا قليلاً من الكيميائيين الملتزمين بالقانون يعرفون الكثير عن الزرنيخ قبل بدء بنسن الخوض فيه في أنابيب الاختبار. كان بنسن يعمل في البداية مع الكاكوديل وهو من مركبات الزرنيخ، إحدى المواد الكيميائية التي توصف بالكلمة اليونانية «متعفن». رائحة الكاكوديل

كريهة جدًّا. قال بنسن إنها سببتْ له الهلوسة، فهي «تسبب تنميلاً فوريًّا لليدين والقدمين، وحتى الدوخة وعدم الإدراك. æ»أصبح لسانه» مغطى بطبقة سوداء». ولعلَّ هذه الأعراض كانت في صالحه؛ فسرعان ما وضع ما عُدَّ وقتها - ولا يزال - أفضلَ ترياقٍ لسمِّ الزرنيخ، وهو أكسيد هيدروكسيد الحديد، وهي مادة كيميائية تتعلق بالصدأ المشتبك على الزرنيخ في الدم وتخرجه. ومع ذلك، لم يكن بنسن قادرًا على حماية نفسه من كل الأخطار؛ فقد تسبب نتيجة إهماله في انفجار كوب زجاجيٍّ من الزرنيخ بالقرب من عينه اليمنى؛ الأمر الذي تركه نصف أعمى في آخر ستين سنة من حياته.

بعد وقوع الحادث، وضع بنسن الزرنيخ جانبًا، وانغمس بشغف في الانفجارات الطبيعية. أحبَّ بنسن أيَّ شيء ينبعث من الأرض، ولسنوات عديدة أخذ يفحص ينابيع الماء

الحار والبراكين؛ من خلال دراسة أبخرتها وسوائلها التي تغلي. كما اكتشف أيضًا كيف تُحدِث الينابيع الحارة الضغطَ وتتفجر. واستقر بنسن مرة أخرى على الكيمياء في جامعة هايدلبرغ في الأربعينيات من القرن التاسع عشر، وسرعان ما ضمن لنفسه الخلودَ العلميَّ من خلال اختراعه المطياف spectroscope، وهو الذي يَستخدم الضوءَ لدراسة العناصر. كلُّ عنصر في الجدول الدوريِّ يُنتِج خطوطًا حادة وضيقة من الضوء الملون عند تسخينه. الهيدروجين، على سبيل المثال، تنبعث منه خطوط باللون الأحمر والأخضر الضارب إلى الصفرة والأزرق النيلي والأزرق الفاتح. فإذا سُخنتْ بعض المواد الغامضة وانبعثتْ منها تلك الخطوط المحددة، فبإمكانك الرهان على أنها تحتوي على الهيدروجين. كان هذا تقدُّمًا كبيرًا؛ باعتبارها أول طريقة

للنظر إلى المركبات الغريبة بدون غليها أو تفكيكها بالحمض.

لبناء المطياف الأول قام بنسن - وبمساعدة أحد الطلاب - بتركيب منشور داخل صندوق سيجار مهمَل؛ لمنع دخول الضوء المنحرف، وثبت اثنتين من عدسات المجهر المفككة من التلسكوبات للنظر في الداخل، مثل الصورة من خلال ثقب الديوراما. الشيء الوحيد الذي حدَّ من التحليل الطيفيِّ في تلك المرحلة كان الحصول على اللهب الساخن بما يكفي لإثارة العناصر. لذا، اخترع بنسن - حسب القواعد - الجهاز الذي جعل منه بطلاً لكلِّ شخص أذاب مسطرة أو قلم رصاص على النار. أخذ موقد غاز بدائيًّا ويدويَّ الصنع، وأضاف إليه صمامًا لضبط تدفق الأوكسجين. (إذا كنتَ تتذكر الجزء الذي تعبث به عند

المقبض في الجزء السفليِّ من موقد بنسن، فهذا هو). ونتيجة لذلك العمل، تحسَّن لهب الموقد من اللون البرتقاليِّ عديم الكفاءة الذي تصاحبه فرقعة، إلى موقد حسَن المظهر ذي لهب أزرق يهسهس؛ كما ترى في المواقد الجيدة اليوم.

ساعد عمل بنسن في تطوير الجدول الدوريِّ بسرعة. وعلى الرغم من أنه عارَض فكرة تصنيف العناصر بواسطة أطيافها، إلاّ أنّ علماء آخرين كانوا أقل ارتيابًا، وبدأ المطياف على الفور بتحديد العناصر الجديدة. وعلى القدر نفسه من الأهمية، فإنه ساعد في دحض الادعاءات الزائفة عن إيجاد العناصر القديمة في مواد غير معروفة ومبهمة الهوية؛ مما جعل من السهل على الكيميائيين أنْ يقطعوا شوطًا طويلاً نحو الهدف النهائيِّ المتمثل في فهم المادة على مستوى أعمق. كان التحدي الأكثر أهمية من إيجاد عناصر جديدة هو حاجة العلماء إلى تنظيمها في شجرة

عائلة من نوعٍ ما. وهنا يأتي إسهام عظيم آخر من بنسن في الجدول؛ فقد ساعد في بناء سلالة فكرية في العلم في هايدلبرغ، عندما أوعز إلى عدد من الأشخاص بالعمل في وقت مبكر على قانون الجدول الدوريِّ. وهذا يشمل شخصيتنا الثانية، ديمتري مندليف؛ الرجل المشهور لدى الناس في وضع الجدول الدوريِّ الأول.

والحق يُقال، على غرار قصة بنسن والموقد، لم يستحضر مندليف الجدول الدوريَّ الأول من تلقاء نفسه، فهناك ستة أشخاص من الجيل السابق من الكيميائيين ساروا بخطوات حثيثة نحو بنائه؛ عَمِل كلٌّ منهم بشكل مستقل، وجميعهم عملوا على بنائه على أساس ملاحظة «الألفة الكيميائية». بدأ مندليف بفكرة تقريبية عن كيفية إدراج العناصر في مجموعات صغيرة مشتركة، ثم حول هذه الفكرة من نظام دوريّ إلى قانون علميٍّ، وهذا يشبه ما قام به

هوميروس عندما جمع قطع الأساطير اليونانية المفرَّقة وصنع منها ملحمة أوديسا. العلم يحتاج إلى الأبطال مثل أيِّ ميدان آخر، ومندليف أصبح بطلَ قصة الجدول الدوريِّ لجملة من الأسباب.

أحد هذه الأسباب هو أنَّه عاش حياة صعبة، حيث ولد في سيبيريا، وكان الأخ الأصغر من بين أربعة عشر أخًا، كما أنه فقد والده في عام 1847؛ بينما كان صبيًّا في عمر الثالثة عشرة. وبجرأة تُحسَب لها في ذلك الوقت، أدارتْ والدته مصنعًا محليًّا للزجاج لدعم الأسرة، ولتمكين الحرفيين الذكور من العمل فيه، ولكن المصنع احترق، فعلَّقت الأسرة آمالها على ابنها حاد الذهن ديمتري، ووضعتْه أمه على صهوة حصان، وقطعا معًا ألفًا ومئتي ميل عبر الحقول والمنحدرات في جبال الأورال الثلجية نحو إحدى جامعات النخبة في موسكو، والتي رفضتْ ديمتري لأنه لم يكن من

السكان المحليين. لم يُضعِف ذلك من حماسة الأم، فسافرت معه أربعمائة ميل أبعد، إلى جامعة أبيه في سانت بطرسبرغ، وبعد رؤيتها اسم ابنها في سجل المقيدين في الجامعة، توفيت.

تفوّق مندليف في دراسته. وبعد التخرج، درس في باريس وهايدلبرغ، حيث أشرَف عليه العالم البارز بنسن المشهور لفترة (اختلف الاثنان شخصيًّا؛ ويرجع ذلك إلى أنَّ مندليف كان متقلب المزاج، وبسبب صوت بنسن العالي ودخان المختبر الكريه). في الستينيات من القرن التاسع عشر عاد مندليف إلى سانت بطرسبرغ للعمل كأستاذ، وهناك بدأ التفكير في طبيعة العناصر، والعمل الذي بلغ ذروته في الجدول الدوريِّ الشهير في عام 1869.

كان كثيرون آخرون يعملون على حل مشكلة كيفية تنظيم العناصر، وتوصلوا إلى بعض الحلول بالسير على

منهج مندليف نفسه. في إنكلترا، قدَّم الكيميائي الذي تجاوز الثلاثين بقليل واسمه جون نيولاندز جدوله المؤقت إلى مجتمع الكيميائيين في عام 1865، ولكن خطأ خطابيًّا أفشله. في ذلك الوقت، لم يكن أحد يعلم عن الغازات النبيلة (من الهيليوم إلى الرادون)، وبالتالي، إنّ الصفوف العليا من جدوله الدوريِّ كانت تحتوي فقط سبع وحدات. وبفكرة غريبة، قام نيولاندز بعمل مقارنة مع السلم الموسيقيِّ «æë ¡Ñ ¡Í مي، فا، صول، لا، سي، دو». للأسف، جمهور الجمعية الكيميائية في لندن لم يكن جمهورًا غريب الأطوار، وسخر من موسيقى نيولاندز في الكيمياء.

كان المنافس الأكثر جدية لمندليف هو يوليوس لوثر ماير؛ الكيميائيَّ الألمانيَّ ذا اللحية البيضاء والشعر الأسود المدهون بعناية. عمل ماير أيضًا تحت إشراف بنسن في هايدلبرغ، وحصل على مصداقية مهنية عالية. ومن بين

اكتشافات أخرى، اكتشف أنَّ خلايا الدم الحمراء تنقل الأوكسجين عن طريق ربطه مع الهيموغلوبين. نشر ماير جدوله عمليًّا في الوقت نفسه الذي نشره فيه مندليف، وتقاسم الاثنان ميدالية ديفي المرموقة التي كانت قبل جائزة نوبل في عام 1882 للمشاركة في اكتشاف «القانون الدوريّ» (لقد كانت الجائزة إنجليزية، ولكن نيولاندز لم يحصل عليها حتى عام 1887). في حين واصل ماير القيام بعمل عظيم أضاف إلى سمعته - حيث ساعد على تعميم عدد من النظريات المتطرفة التي أثبتتْ صحتها - أصبح مندليف غريب الأطوار بشكل لا يصدَّق، حيث رفض أنْ يعترف بحقيقة الذرات[23]. (وفي ما بعد أيضًا رفض الأشياء الأخرى التي لا يمكن أنْ تُرى؛ مثل الإلكترونات والنشاط الإشعاعيِّ). إذا قيَّمتَ الرجلين في حوالى العام 1880 لتحكم أيهما الأفضل في الكيمياء النظرية، فمن الممكن أنْ

تختار ماير. ولكن، ما الذي يجعل مندليف مختلفًا ومفضلاً عن ماير الكيميائيين الأربعة الآخرين الذين نشروا الجداول قبله؛ على الأقل في حكم التاريخ؟. إنَّ هناك بالتأكيد عدة أسباب: السبب الأول: لقد فهم مندليف - أكثر من أيِّ كيميائيٍّ آخر - أنَّ بعض صفات العناصر ثابتة، بينما لم يفهم الآخرون ذلك. وعرف أنَّ مُركبًا مثل أكسيد الزئبق (مادة صلبة برتقالية) لا «يحتوي» بطريقة أو بأخرى على الغاز، والأكسجين، والمعدن السائل، والزئبق؛ كما كان الآخرون يعتقدون. وأيضًا، يحتوي أكسيد الزئبق على اثنين من العناصر التي يمكن أنْ تنفصل وتشكل غازًا ومعدنًا. والذي يبقى ثابتًا هو الوزن الذريُّ لكل عنصر؛ وهذا ما يُعدُّ السمة المميزة لمندليف، والقريب جدًّا من وجهة النظر الحديثة.

السبب الثاني: على خلاف الآخرين الذين يمارسون ترتيب العناصر في الأعمدة والصفوف على سبيل الهواية، كان مندليف يعمل في مختبرات الكيمياء طوال حياته، واكتسب معرفة عميقة بالكيفية التي تتصرف بها العناصر وتتفاعل، خاصة المعادن؛ العناصر المعقدة والأكثر غموضًا في الجدول. سمح له هذا بدمج جميع العناصر الاثنين والستين المعروفة وقتها داخل الأعمدة والصفوف. ونقح مندليف أيضًا جدوله بهوس. ففي إحدى المرات، كتب أسماء العناصر على بطاقات الفهرسة، ولعب بها ما يشبه لعبة الورق (السولتير) الكيميائية في مكتبه. الأهم من ذلك كله هو ما فعله كلٌّ من مندليف وماير عندما تركا فجوات أو أماكن خالية في الجدولين الخاصين بهما لأنهما لا يناسبان العناصر المعروفة، وإنَّ مندليف - على عكس ماير شديد الحساسية - كانت لديه القدرة الكافية للتنبؤ بأنه سيتم

اكتشاف العناصر الجديدة. «ابحثوا أكثر، أنتم كيميائيون وجيولوجيون، وسوف تجدونها». بدا الأمر وكأنه يتهكم. من خلال تتبع صفات العناصر المعروفة أسفل كل عمود، توقع مندليف حتى الكثافات والأوزان الذرية للعناصر الغائبة، وعندما أثبتتْ الأيام صحة بعض هذه التوقعات أصيب الناس بالدهشة. وعلاوة على ذلك، عندما اكتشف العلماء الغازات النبيلة في التسعينيات من القرن التاسع عشر، مرَّ جدول مندليف باختبار حاسم؛ لأنه يسهل إدراج الغازات بإضافة عمود جديد واحد (نفى مندليف وجود الغازات النبيلة في البداية، ولكن بحلول ذلك الوقت لم يعد الجدول الدوريُّ جدوله وحده فقط).

بعد ذلك، انطلقتْ شخصية مندليف العظيمة. وكصاحبه الروسيِّ الذي عاصره دوستويفسكي الذي كتب روايته المقامر كاملة في ثلاثة أسابيع لسداد ديون القمار، انكبَّ

مندليف على العمل على الجدول الأول؛ للوفاء بالموعد النهائيِّ مع ناشر الكتاب المدرسيِّ. كان قد أنهى بالفعل كتابة مجلد واحد من الكتاب المدرسيِّ، من خمسمائة صفحة، ولكنه شمل ثمانية عناصر فقط؛ مما يعني أنَّ عليه الإلمام بالعناصر الباقية في المجلد الثاني. بعد ستة أسابيع من التسويف، قرر في لحظة إلهام أن الطريقة الأكثر إيجازًا لتقديم المعلومات هي تقديمها في جدول!

في حماسة، ترك عمله الجانبيَّ كمستشار للكيمياء في مصنع محليٍّ للأجبان من أجل تصنيف الجدول. وعندما طبع الكتاب، لم يكن مندليف يتوقع العناصر الجديدة التي من شأنها أنْ تناسب المربعات الفارغة أسفل المربعات المشابهه للسيليكون والبورون فحسب، ولكنه أيضًا أعطاها أسماء مؤقتة لا يمكن أنْ تؤذي سمعته (وهكذا يظهر دور المعلمين المؤثر في الأوقات الصعبة) لقد استخدم لغة دخيلة

وغامضة لتلك الأسماء، وذلك باستخدام الكلمة السنسكريتية eka، بمعنى (ما بعد)، مثل: ما بعد السيليكون eka–silicon، ما بعد البورون eka–boron، وهلمَّ جرًّا.

وبعد سنوات قليلة، مندليف الذي صار في أوج شهرته، طلَّق زوجته، وأراد الزواج مرة أخرى. وعلى الرغم من أنَّ الكنيسة المحلية المحافِظة قالت إنَّ عليه الانتظار سبع سنوات، إلاّ أنه قدم رشوة للكاهن وتمَّ الزواج! هذا جعله من الناحية العملية متزوجًا من امرأتين، ولكن لم يجرؤ أحد على تقديمه للعقاب. وعندما اشتكى أحد الموظفين المحليين إلى القيصر عن الكيل بمكيالين في هذه الحالة - حيث جُرِّد الكاهنُ من صلاحياته - أجاب القيصر بلباقة: «أنا أعترف أنَّ مندليف لديه زوجتان. ولكن، أنا لديَّ مندليف واحد فقط. " ومع ذلك، لم يكن صبر القيصر بلا حدود. ففي عام

1890، تم فصل الفوضويِّ المعروف مندليف من منصبه الأكاديميِّ؛ لتعاطفه مع الجماعات الطلابية اليسارية العنيفة.

من السهل أنْ نرى لماذا ارتبط المؤرخون والعلماء بقصة حياة مندليف بطبيعة الحال، فلا أحد على الإطلاق كان سيعرفه أو يتذكر سيرته اليوم لو لم يضع جدوله الدوريّ. وعمومًا، عمل مندليف مشابهٌ لعمل داروين في التطور وأينشتاين في النسبية؛ فأيٌّ من هؤلاء الرجال لم يقم وحده بالعمل كاملاً، لكنهم نفذوا معظمه، وفعلوا ذلك بشكل أكثر دقة من غيرهم، ورأوا إلى أيّ مدى تمتد النتائج، وأثبتوا النتائج التي توصلوا إليها بالعديد من الأدلة. ومثل داروين، صنع عمل مندليف أعداءً دائمين له. تسمية العناصر التي لم تسبق له رؤيتها كانت ادعاء، وهذا أدى إلى غضب خليفة روبرت بنسن الفكريِّ؛ الرجل الذي اكتشف «ما بعد الألمنيوم» eka–aluminium، ورأى أنه - وحده - الجدير

بالحصول على الفضل وحقوق التسمية، وليس الروسيَّ الجشع.

***

إنّ اكتشاف ما بعد الألومنيوم eka–aluminium، الذي يُعرف الآن باسم الغاليوم، يثير مسألة حول السبب الذي يدفع حقًّا العلم إلى الأمام تجاه النظريات التي تؤطر نظرة الناس للعالم، أو التجارب، التي يمكن ببساطة أنْ تدمر النظريات الرائعة. بعد نزاع مع المنظر مندليف، فإن التجريبيّ الذي اكتشف الغاليوم كانت له إجابة قاطعة. ولد پول إيميل لكوك ده بوابودران في عائلة تمتهن صناعة النبيذ في منطقة الكونياك الفرنسية في عام 1838. كان وسيمًا، وذا شعر متدرج وشارب ملتوٍ، يحب ارتداء أربطة العنق الأنيقة، انتقل إلى باريس عندما كبر، وكان يتقن العمل على

مطياف بنسن، وأصبح أفضل «جراحٍ» طيفيٍّ على مستوى العالم.

زادتْ براعة لكوك ده بوابودران وتمكنه في عام 1875º عندما اكتشف خطوط لون لم تُرَ من قبل في المعادن، فاستنتج على الفور وبشكل صحيح أنه اكتشف عنصرًا جديدًا. وأطلق عليه اسم الغاليوم، من غليا Gallia، وهو الاسم اللاتينيِّ لفرنسا. (اتهمه أعداؤه بأنه احتال ليسمي العنصر على اسمه؛ حيث إنَّ اسم لكوك، أو «الديك»، هو غالوس gallus في اللاتينية). قرر لكوك ده بوابودران أنه يريد لمس جائزته والشعور بها، لذا قام بتنقية عينة منها، واستغرق هذا الأمر بضع سنوات، وبحلول عام 1878 حصل الرجل الفرنسيُّ أخيرًا على قطعة لطيفة وكبيرة ونقية من الغاليوم. على الرغم من حالته الصلبة في درجة حرارة الغرفة المعتدلة، فإنَّ الغاليوم يذوب في درجة حرارة 84

فهرنهايت؛ وهذا يعني أنه إذا كنتَ تحمله في راحة يدك (وبسبب درجة حرارة الجسم التي تبلغ حوالى 98 فهرنهايت) فسوف يذوب وكأنه عجين متماسك ومحبب يشبه الزئبق. إنه واحدٌ من المعادن القليلة السائلة التي يمكنك لمسها دون تحرق إصبعك حتى العظم. ونتيجة لذلك، كان الغاليوم العنصر الرئيس المستخدم في الخدع بين محبي الكيمياء دائمًا، حيث تطور الأمر من فكاهة موقد بنسن - أحد المقالب المعروفة - إلى حيلة الملعقة المختفية، حيث إنَّ تشكيل قوالب الغاليوم سهلٌ، فهو يبدو مثل الألومنيوم. ويمكنك صنع ملاعق راقية من الغاليوم، تقدَّم مع الشاي لتحريك السكر، ومشاهدة ضيوفك وهم يجفلون عندما يرون شاي إيرل غراي «يأكل» الأواني الخاصة بهم[24].

نشر لكوك ده بوابودران استنتاجاته في المجلات العلمية، وكان فخورًا بحقّ بمعدنه المتقلب. كان الغاليوم أول عنصر

جديد يُكتشف منذ جدول مندليف في العام 1869. وعندما قرأ المنظِّر مندليف عن عمل لكوك ده بوابودران، حاول قطع الطريق عليه، وادعى أنَّ الفضل يعود إليه في اكتشاف الغاليوم على أساس توقعاته عن عنصر ما بعد الألومنيوم eka–aluminium. رد لكوك ده بوابودران باقتضاب بكلمة لا، وقال إنه الشخص الذي أنجز العمل الحقيقيَّ! اعترض مندليف، وبدأ كلٌّ من الفرنسي والروسي جدالاً واسعًا في هذه المسألة في المجلات العلمية، فصار الأمر أشبه بالمسلسل الروائيِّ الذي تظهر فيه شخصيات جديدة كل حلقة. وسرعان ما تحوّل الأمر إلى جدال عنيف. وردًّا على صياح مندليف المزعج، ادعى لكوك ده بوابودران أنَّ رجلاً فرنسيًّا غير معروف وضع الجدول الدوريَّ قبل مندليف، وأن الروسيَّ قد استولى على أفكاره، خطيئة علمية يدعمها تزوير في البيانات. (لم يكن مندليف قطّ مُنصفًا في تقاسُم الفضل. في

المقابل، أشار ماير إلى جدول مندليف في عمله في السبعينيات من القرن التاسع عشر، والذي جعل الأمر يبدو للأجيال اللاحقة وكأنَّ عمل ماير كان مقلدًا).

من جانبه، فحص مندليف ملاحظات لكوك ده بوابودران عن الغاليوم وقال: إنَّ التجريبيَّ في ظل عدم وجود مبرر يجب أنْ يكون قد قام بالقياس بشكل خاطئ؛ وذلك لأنَّ كثافة الغاليوم ووزنه يختلفان عن توقعات مندليف. هذا ينم عن مدى الاندهاش والإحساس بالمرارة، ولكن الأمر كما قال الفيلسوف مؤرخ العلوم إريك شيري: «إنَّ مندليف دائمًا يرغب بتطويع الطبيعة لتتناسب خطته الفلسفية الكبرى». والفرق الوحيد بين مندليف والمهووس هو أنَّ مندليف كان على حق؛ فسرعان ما تراجع لكوك ده بوابودران عن ملاحظاته ونشر النتائج التي أيدت تنبؤات مندليف. وفقًا لشيري: «إنَّ الأوساط العلمية ذهلتْ من أنَّ مندليف -

المنظِّر - كان أكثر إدراكًا لخصائص العناصر الجديدة من الكيميائيِّ الذي اكتشفها».

ذات مرة، سمعتُ مدرس الأدب يقول: «إنَّ ما يجعل القصة مثيرة هو نقطة الذروة» æÃ «المفاجأة الحتمية». وبناء الجدول الدوريِّ قصة مثيرة، وأظنُّ أنه عند اكتشاف خطته الكبرى للجدول الدوريِّ، شعر مندليف بالدهشة، ومع ذلك كان على قناعة أيضًا بأنها حقيقة؛ بسبب بساطتها ودقتها وحتميتها. ولا عجبَ أنْ تصيبه النشوة في بعض الأوقات بسبب القوة التي يشعر بها.

ولندَع العلماء الرجال جانبًا، النقاش الحقيقيُّ هنا يتركز على النظرية مقابل التجربة. هل ضبطت النظرية حواسَّ لكوك ده بوابودران وساعدته ليرى شيئًا جديدًا؟ أو هل قدمت التجارب الأدلة الحقيقية، أو إنّ نظرية مندليف طابقتها فقط؟ يمكن أن يكون مندليف أيضًا قد تنبأ بوجود الجبن على

سطح المريخ قبل أنْ يجد لكوك ده بوابودران الدليل على وجود الغاليوم في جدوله. ثم مرة أخرى، تراجع الفرنسيُّ عن ملاحظاته وأصدر نتائج جديدة دعمت توقعات مندليف. على الرغم من أنَّ لكوك ده بوابودران نفى أنه اطلع في حياته على جدول مندليف، إلا أنه من الجائز أنه سمع عنه من الآخرين، حيث إنَّ الجداول كانت حينها حديث الأوساط العلمية، وهيأت العلماء لتكون أعينهم مفتوحة بشكل غير مباشر على العناصر الجديدة. قال العبقري ألبرت أينشتاين ذات مرة: «النظرية هي التي تقرر ما يمكننا ملاحظته».

في النهاية، يبدو أنه من المستحيل اتخاذ قرار بشأن ما إذا كانت رؤوس العلم أو ذيوله - النظرية أو التجربة - قد فعلت الأكثر لدفع العلم إلى الأمام. هذا صحيح خصوصًا عندما تفكر في أنَّ مندليف قدَّم العديد من التنبؤات الخاطئة. لقد كان من حسن حظه أنَّ عالمًا جيدًا مثل لكوك ده

بوابودران اكتشف ما بعد الألومنيوم eka–aluminium أولاً. لأنه لو بحث شخص ما عن أخطائه لمات الروسيُّ بلا ذِكر؛ حيث إنَّ منديليف توقع وجود العديد من العناصر قبل الهيدروجين، وأقسم على أنَّ هالة الشمس تحوي عنصرًا فريدًا من نوعه يسمى كورونيم coronium. ولكن، مثلما غفر الناس للمنجمين القدماء الذين كانوا يتنبأون بالأبراج خطأ، بل وبشكل متناقض، ويركزون بصرهم بدلاً من ذلك على المذنب الوحيد الرائع الذي صدق توقع المنجمين له، فإنَّ الناس يميلون إلى تذكُّر انتصارات منديليف فقط. وعلاوة على ذلك، عندما يبسَّط التاريخ، فمن المغري أنْ يدين لمنديليف - وكذلك ماير وغيرهما - بالكثير من الفضل. فأولئك العلماء قاموا بالعمل المهم في بناء التعريشة (القاعدة) التي تثبت عليها العناصر، ولكن قبل عام 1869؛ كان قد اكُتشف فقط ثلثيْ العناصر. ولسنوات، كان بعضها

لا يزال في الأعمدة والصفوف الخطأ، حتى في أفضل الجداول الدوريّة!

هناك أشياء كثيرة فصَلتْ كتب المناهج الحديثة عن عمل مندليف، خاصة في ما يتعلق بفوضى العناصر المعزولة الآن في الجزء السفليِّ من الجدول؛ اللانثانيدات. تبدأ اللانثانيدات مع اللانثانوم، العنصر السابع والخمسين، ومكانها الصحيح على الجدول سبَّب حيرة وارتباكًا للكيميائيين في القرن العشرين. فالإلكترونات المخفية جعلت اللانثانيدات تتجمع معًا بطرق مخيبة. لذا، كان فرزها مثل فكّ عُقدة نبات الكرمة أو اللبلاب المتعرش. كما أنَّ التحليل الطيفيَّ لم يفلح أيضًا مع اللانثانيدات؛ حتى مع اكتشاف عشرات العلماء خطوطًا جديدة من اللون، لم تكن لديهم أيُّ فكرة عن عدد العناصر الجديدة التي تؤدي إليها هذه

الخطوط. حتى إنّ مندليف - الذي كان لا يخجل من التوقعات - قرَّر أنَّ اللانثانيدات عصيَّةٌ على التخمين.

بعض العناصر بعد السيريوم - العنصر الثاني في اللانثانيدات - عُرفتْ في عام 1869. ولكن، بدلاً من استخدام المزيد من مقطع «ما بعد» «ekas» اعترف مندليف بعجزه. بعد السيريوم، نقَّط جدوله صفًّا بعد صَفٍّ من الفجوات المحبطة. وتاليًا، بعد وضع اللانثانيدات الجديدة بعد السيريوم، فإنه في كثير من الأحيان لم يهتدِ لمكانها الصحيح، ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أنَّ العديد من العناصر «الجديدة» تبين أنها مجموعات من تلك المعروفة مسبقًا. كما لو كان السيريوم هو حافة العالم المعروف في دائرة مندليف؛ تمامًا مثل جبل طارق للبحارة القدماء، فبعد السيريوم سيخاطرون في الوقوع في دوامة أو ستستنزف قواهم في نهاية الأرض.

في الحقيقة، كان بإمكان مندليف أنْ يبدد خيبة أمله لو سافر بضع مئات من الأميال غربًا من سانت بطرسبرغ؛ هناك في السويد، وبالقرب من المكان الذي تم اكتشاف السيريوم فيه أول مرة، ولكان قد عَبَر منجم خزف نائيًا في

Typische Elemente							
			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
			Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
			—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
			Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Tb = 281
			V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
			Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
			Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
H = 1	Li = 7	Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
	B = 11	Al = 27,3	—	In = 113	—	Tl = 204	—
	C = 12	Si = 28	—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
	O = 16	S = 32	Se = 78	Te = 125?	—	—	—
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—	—	—

قرية صغيرة ذات اسم غريب، تدعى يوتربي Ytterby.

الجدول الدوريّ الأولي (من اتجاه واحد) الذي قدَّمه ديمتري مندليف عام 1869. الفراغ الكبير بعد السيريوم (Ce) يبين مدى ضآلة علم مندليف ومعاصريه عن كيمياء المعادن الأرضية النادرة والمعقدة.

في عام 1701، كان مراهق مغرور يسمى يوهان فريدريك بادكر يقف منتشيًا بين حشد من الحضور لتقديم الخدع السحرية أمامهم، فسحب اثنتين من القطع النقدية الفضية ليقدم عرضًا سحريًّا، وبعد أنْ لوَّح بيديه لتنفيذ شعوذة كيميائية عليها، اختفت القطعتان الفضيتين وتحولتا إلى قطعة ذهبية واحدة! كان ذاك العرض هو الأكثر إبهارًا في الخيمياء للسكان المحليين. اعتقد بادكر أنَّ ذاك العرض سيكون سببًا في شهرته، وهذا ما حدث لسوء الحظ!

بعد أن وصلت الشائعات حول بادكر حتمًا إلى ملك بولندا، أوغسطس القويّ، قام باعتقال الخيميائيِّ الشاب في إحدى القاعات بالقلعة على طريقة القصص الخرافية رمبلستلسكين[25]، وطلب منه صنع الذهب لمملكة الملك. وبالطبع، لم يستطع بادكر تنفيذ هذا الأمر بعد بضع تجارب عقيمة، وكانت كذبته غير المؤذية قصيرة الأمد. وبعد أن

وجد نفسه قريبًا من المشنقة، ويائسًا لإنقاذ رقبته، توسل إلى الملك طالبًا العفو عنه، وعلى الرغم من أنه فشل مع الخيمياء، فقد ادعى أنه يعرف صنع الخزف.

في ذلك الوقت، كان هذا الادعاء بالكاد ذا مصداقية. حيث إنه منذ أن عاد ماركو بولو [26] من الصين في نهاية القرن الثالث عشر، أصبح النبلاء الأوروبيون مهووسين أكثر بالخزف الصينيِّ الأبيض، والذي كان قويًّا بما فيه الكفاية لمقاومة الخدش بمبرد الأظافر الشفاف، ومع ذلك فهو يشبه قشر البيض. كانت رفاهية الإمبراطوريات تُقاس من أطقم شرب الشاي. وانتشرت الشائعات بقوة عن قوة الخزف. واحدة من تلك الشائعات تقول إنه لا يمكن أنْ تتسمم في حال شربتَ في فنجان خزفي. زعم آخر أنَّ الصينيين كانوا أثرياء بشكل خرافيٍّ بسبب الخزف الذي أقاموا منه برجًا مكونًا من تسعة طوابق لمجرد التباهي (وهذا أصبح حقيقة

في ما بعد). لقرون، كان الأوروبيون الأقوياء - مثل عائلة ميديشي[27] في فلورنسا - يقومون برعاية الأبحاث عن الخزف، ولكنها لم تنجح إلاّ في إنتاج نسخة مقلدة وناقصة.

لحُسن حظ بادكر، كان لدى الملك أوغسطس رجلٌ محترف في عمل الخزف، وهو إرنفيلد والتر فون شيرنهاوس. كان شيرنهاوس يقوم سابقًا بأخْذ عينات من التربة البولندية لمعرفة المكان الذي يجدر به أن يحفر فيه لإخفاء جواهر التاج، وكان قد اخترع فرنًا خاصًّا تبلغ درجة حرارته 3000 فهرنهايت. تمكن مع هذا الفرن صهر الخزف وتحليله، وعندما أمر الملك بادكر الذكيَّ بأن يصبح مساعدًا لشيرنهاوس بدأ البحث، واكتشف الثنائيُّ أنَّ المكونين السرّيين في الخزف الصينيِّ هما طينٌ أبيضُ يسمى الكاولين، وصخرة الفلسبار التي تصهر في الزجاج في

درجات حرارة عالية. والأمر الأهم هو أنهم اكتشفوا أنه بخلاف معظم الأواني الفخارية، عليهم طهي مينا الخزف والطين في وقت واحد، وليس في خطوات منفصلة.äÅÐÅ هذا الانصهار عالي الحرارة لمينا الخزف والطين سيضفي على الخزف الحقيقيِّ الصفاء والمتانة. بعد إتقان هذه العملية، عادا بارتياح لإظهارها لسيدهما. شكرهما أوغسطس جزيل الشكر، وحلم أنْ يجعل منه الخزفُ على الفور - على الأقل من الناحية الاجتماعية - العاهل الأكثر نفوذًا في أوروبا. وبعد هذه الانطلاقة، توقَّع بادكر أنْ ينال حريته. ولكن، لسوء الحظ، قرر الملك الاحتفاظ به؛ لأنه الآن أصبح أثمن من أن يطلق سراحه، ووضعه في ظل إجراءات أمنية أكثر تشددًا!

وكأمر بديهيٍّ، تسرَّب سر الخزف، وانتشرت وصفة بادكر وشيرنهاوس في جميع أنحاء أوروبا. ومع توفر

أساسيات الكيمياء، قام الحرفيون بالعبث بها وتحسين عمليتها خلال نصف قرن تالياً. وسريعًا، أينما وجد الناس الفلسبار، صاروا يستخرجونه؛ بما في ذلك الدول الاسكندنافية الباردة، حيث كان لها قصب السبق في مواقد الخزف؛ لأنَّ مواقدها وصلت إلى درجات حرارة مرتفعة، وتحتفظ بالحرارة لفترة أطول من المواقد المبطنة بالحديد. ولتغذية الصناعة المزدهرة في أوروبا، افتتح منجم الفلسبار على بعد عشرة أميال من ستوكهولم، في جزيرة يوتربي، في عام 1780.

يوتربي Ytterby تنطق «itt–er–bee» وتعني «القرية الخارجية». وهي تبدو تمامًا كأيِّ قرية ساحلية في السويد؛ بمنازلها ذات الأسطح الحمراء المنعكسة فوق الماء، ونوافذها الخشبية البيضاء الكبيرة، والكثير من أشجار التنوب في الساحات الفسيحة. ينتقل الناس بين جميع أنحاء الأرخبيل

بواسطة المراكب، كما أن كل الشوارع سميت على أسماء المعادن والعناصر[28].

يقع محجر يوتربي في أعلى التلة، في الركن الجنوبيِّ الشرقيِّ من الجزيرة، ويُستخرج منه خام مادة الخزف وغيرها من المواد. أكثر ما يثير اهتمام العلماء هو أنَّ صخور المحجر تنتج أيضًا أصباغًا غريبة وطلاءات زجاجية ملونة عند معالجتها. نحن نعلم في الوقت الحاضر أنَّ الألوان الزاهية تكشف عن اللانثانيدات، ومنجم يوتربي غنيٌّ على نحو غير عادي بها لعدة أسباب جيولوجية. كانت العناصر الأرضية في السابق مختلطة بشكل كامل في القشرة الأرضية، كما لو أنَّ شخصًا ما قد ألقى إناءً من التوابل في وعاء وحرَّكه. لكن ذرات المعدن - خصوصًا اللانثانيدات - تميل إلى التحرك في مجموعات، وكلما تحركت الأرض المنصهرة بقوة تجمعت معًا. تكونت في نهاية المطاف

تجاويف صغيرة في الأرض من اللانثانيدات بالقرب - وفي الواقع تحت - من السويد. ولأنَّ الدول الإسكندنافية تقع بالقرب من خط صدْع أرضيٍّ، فإنَّ حركة الصفائح التكتونية[29] في الماضي البعيد حرثت الصخور الغنية باللانثانيدات من أعماق الأرض إلى الأعلى؛ وهي عملية مدعومة بالمنفسات الحرمائية [30] المحببة لبنسن. وأخيرًا، خلال العصر الجليديِّ الأخير، كشط الجليد الإسكندنافيّ الواسع سطح الأرض. هذا الحدث الجيولوجيُّ الأخير أخرجَ الصخور الغنية باللانثانيدات وجعلها سهلة التعدين بالقرب من يوتربي.

ولكن، إذا كانت ظروف محجر يوتربي الاقتصادية مناسبة لجعله مكانًا مربحًا للتعدين، وإذا كانت الجيولوجيا المناسبة قد جعلته جديرًا بالاهتمام علميًّا، فإنه لا تزال هناك حاجة لمناخ اجتماعيٍّ مناسب. تطورت الدول الاسكندنافية

بالكاد من عقلية الفايكنغ في نهاية القرن السابع عشر، عندما كانت الجامعات تقوم بمطاردة الساحرات (ومطاردة المشعوذين من السحرة الذكور) إلى درجة تفوق محاكمات ساحرات سالم[31]. ولكن في القرن الثامن عشر، بعد أنْ غزت السويد شبه الجزر سياسيًّا، وما ترتب على ذلك من تنوير ثقافيّ، تبنت الدول الاسكندنافية المذهب العقلاني بشكل جماعيٍّ. وبدأ العلماء يظهرون بنسبة كبيرة بالنسبة لعدد السكان الصغير في المنطقة. ومن أولئك العلماء يوهان جادولين - وُلد عام 1760 - وهو الكيميائيُّ الذي ارتقى إلى مستوى الأكاديميين في التفكير العلميِّ. (كان والده أستاذًا في الفيزياء وعلم اللاهوت، في حين أنَّ جدَّه من المحتمل أنه عمل أستاذًا للفيزياء وأسقفًا).

بعد ترحال متواصل في أوروبا أثناء فترة الشباب، بما في ذلك إنجلترا، وعندما أصبح صديقًا ليوشيا ويدجوود [32] ورجال

مناجم الخزف، استقر جادولين في توركو التي تُعرف الآن بفنلندا، عبر بحر البلطيق من ستوكهولم. هناك اشتُهر باعتباره جيولوجيًّا. بدأ الجيولوجيون الهواة شحن الصخور غير العادية من يوتربي إليه للحصول على رأيه، وشيئًا فشيئًا، من خلال منشورات جادولين، بدأت الأوساط العلمية في العالم تسمع عن محجر يوتربي الصغير البارز. على الرغم من أنه لم يكن يملك الأدوات الكيميائية (أو النظريات الكيميائية) لنزع جميع اللانثانيدات الأربعة عشر، فقد قام جادولين بتقدُّم كبير في عمله على عزل مجموعات منها. جعل من البحث عن العنصر هواية له؛ بل مهنة؛ وفي سنوات لاحقة، في سنوات مندليف الأخيرة، عاد الكيميائيون إلى عمل جادولين على صخور يوتربي بأدوات أفضل، بدأت العناصر الجديدة بالسقوط مثل العملات الصغيرة. كان جادولين قد بدأ اتجاهًا في تسمية أحد العناصر المفترضة

يتريا yttria، وتكريمًا لجميع العناصر ذات الأصل المشترك، بدأ الكيميائيون تخليد يوتربي Ytterby في الجدول الدوريِّ للعناصر الكيميائية. أكثر العناصر (سبعة) تعود نسبتها إلى يوتربي أكثر من أيِّ شخص أو مكان أو شيء آخر. كانت مصدر إلهام لكلٍّ من: الإيتربيوم ytterbium، والإيتريوم yttrium، والتيربيوم terbium؛ والإربيوم erbium. العناصر الثلاثة الأخرى التي لم تسمَّ قبل نفاد الحروف هي («rbium» لا يبدو صحيحًا تمامًا)؛ الهولميوم Holmium الذي تبناه الكيميائيون من اسم استكهولم؛ والثوليوم Thulium من الاسم الأسطوريِّ لإسكندنافيا، وبسبب إصرار لكوك ده بوابودران، أصبح جادولين سَمِيًّا للجادولينيوم Gadolinium.

وعمومًا، كانت ستة من اللانثانيدات المفقودة لدى مندليف من بين العناصر السبعة التي اكتُشفتْ في يوتربي.

كان يمكن للتاريخ أنْ يكون مختلفًا جدًّا لو أعاد مندليف صياغة جدوله باستمرار. وربما استطاع ملء العالم السفليِّ بأكمله من الجدول الدوريّ بعد السيريوم بنفسه؛ لو جعل رحلته غربًا، عبر خليج فنلندا وبحر البلطيق، إلى أرخبيل غالاباغوس للجدول الدوريِّ.

القسم الثاني:
تكوين الذرّات، انشطار الذرّات

الفصل الرابع:

من أين تأتي الذرات؟

«ما نحن إلاّ حفنة من غبار النجوم!»

Re Ir Pb Ne Fe

من أين تأتي العناصر؟ على مدى قرون طويلة، كان الرأيُ المنطقيُّ السائد هو أنَّ العناصر لا تأتي من أيِّ مكان! لقد ثار الكثير من الجدال الميتافيزيقيِّ عن كيفية تكوُّن العناصر، وأسباب تكونها. ولكن، كان هناك إجماع على أنَّ عُمْر كل عنصر يتزامن مع عُمْر الكون؛ فهي من عمر الكون. النظريات الحديثة مثل نظرية الانفجار الكبير في الثلاثينيات من القرن العشرين طوتْ هذا الرأي في

نسيجها؛ حيث إنَّ الثقب الذي أشارتْ إليه النظرية، والذي كان موجودًا في ذلك الوقت، قبل أربعة عشر مليار سنة، حمل جميع هذه المواد في الكون. كل شيء حولنا يجب أن يكون قد ظهر من هذه النقطة؛ طبعًا ليس في صورة متشكلة مثل ألماس زينة التيجان، وعلب الصفيح، ورقائق الألومنيوم تمامًا مثل الآن، ولكن بشكلها الأساسيِّ. (أحد العلماء يحسب أنَّ الانفجار الكبير استغرق عشر دقائق لتهيئة جميع المواد المعروفة، ثم قال ساخرًا: «تم طهي العناصر في وقت أقل مما يستغرقه طهي طبق من البط والبطاطا المشوية»). مرة أخرى، إنها وجهة نظر منطقية؛ تاريخ الفضاء الخارجيِّ المستقر للعناصر.

ظهرتْ هذه النظرية للنقاش خلال العقود القليلة التالية. كان العلماء الألمان والأمريكيون قد أثبتوا بحلول عام 1939[33] أنَّ الشمس والنجوم الأخرى تسخِّن نفسها من

خلال دمج الهيدروجين معًا لتشكيل الهيليوم، وهي العملية التي تتبعث منها كمية ضخمة من الطاقة مقارنة مع حجم الذرات الصغيرة. قال بعض العلماء: «حسنًا، نسبة الهيدروجين والهيليوم يمكن أنْ تتغير، ولكن بشكل طفيف فقط!». وليس هناك دليل على أنَّ نسبة العناصر الأخرى تتغير على الإطلاق، ولكن عندما تطورت التلسكوبات زال الكثير من هذا الغموض. من الناحية النظرية، يجب على الانفجار الكبير أنْ يقذف العناصر على وتيرة واحدة في جميع الاتجاهات. حتى الآن أثبتت البيانات أنَّ معظم النجوم الصغيرة تحتوي على الهيدروجين والهيليوم فقط، في حين أنَّ النجوم الكبيرة مليئة بالعشرات من العناصر. بالإضافة إلى عناصر غير مستقرة للغاية مثل التكنيتيوم، وهو لا يوجد في الأرض، بل يوجد في أنواع معينة من

«نجوم مختلفة كيميائيًّا» [34]. شيء ما يجب أن يكون وراء تشكُّل تلك العناصر بشكل جديد كل يوم.

في منتصف الخمسينيات من القرن العشرين، أدرك عددٌ قليل من الفلكيين المتبصرين أنَّ النجوم نفسها مصدر للمعادن. ولم يكونوا وحدهم، فقد قام جيفري بريدج، ومارغريت بريدج، ووليام فاولر، وفريد هويل بالكثير لشرح نظرية تفاعلات الانصهار النجميِّ Stellar nucleosynthesis في ورقة علمية مشهورة نُشرت عام 1957 تُعرَف اختصارًا بـ B FH2. الغريب في الورقة العلمية FH2 B أنها بدأت باقتباسين محذرين ومتناقضيْن من مقولات شكسبير حول ما إذا كانت النجوم تحكم مصير الجنس البشريِّ[35]، وذهبتْ للتسليم بذلك.

في البداية، تشير الورقة إلى أنَّ الكون كان عبارة عن الهيدروجين البدائيِّ اللزج، مع القليل من الهيليوم والليثيوم.

وفي نهاية المطاف، تكتَّل الهيدروجين معًا داخل النجوم، وبسبب الضغط الشديد للجاذبية داخل النجوم بدأ دمج الهيدروجين في الهيليوم، وهي العملية التي تُطلِق كل نجم في السماء. ولكن، مهما كانت أهميتها من ناحية الكوزمولوجيا (دراسة علم الكون)، فإنَّ هذه العملية ضعيفة علميًّا، نظرًا لأنَّ جميع النجوم تطلق الهيليوم خلال بلايين السنين. وكما تشير ورقة B FH2: فقط عندما يحترق الهيدروجين - وهذا هو إسهام الهيدروجين الحقيقيُّ - تبدأ الأشياء بالاهتزاز. النجوم القابعة حقبة من الدهر تمضغ الهيدروجين المجتر، وتتشكل بشكل أكثر عمقًا مما يجرؤ أن يحلم به أيُّ خيميائيٍّ.

وفي محاولة النجوم للحفاظ على درجات حرارة عالية، تفقد الهيدروجين الذي يبدأ في حرق الهيليوم ودمجه في قلبها. ذرات الهيليوم في بعض الأحيان تلتصق ببعضها

بعضًا تمامًا، وتشكل عناصر ذات أعداد زوجية، وأحيانًا تتشظى البروتونات والنيوترونات لصنع عناصر ذات أعداد فردية. وسريعًا تتراكم كميات كافية من الليثيوم والبورون والبريليوم، وخصوصًا الكربون داخل النجوم (وهذا فقط من الداخل، إذ تبقى الطبقة الخارجية الباردة في معظمها مكونة من الهيدروجين على مدى عمر النجم). لسوء الحظ، حرق الهيليوم يطلق طاقةً أقل من حرق الهيدروجين، لذلك تستخدم النجوم الهيليوم بداخلها - على الأكثر - بضع مئات من ملايين السنين. بعض النجوم الصغيرة «تموت» في هذه المرحلة، مخلِّفة كتلاً منصهرة من الكربون معروفة باسم الأقزام البيضاء White dwarf. أما النجوم الأثقل (بثماني مرات أو أكثر من كتلة الشمس) فتستمر بالصراع، وتسحق الكربون إلى ستة عناصر أكثر إلى أنْ تصل إلى المغنيسيوم بعد بضع مئات من السنين. وهناك عدد قليل من النجوم

التي تفنى وقتها، ولكن النجوم الأكبر، والأكثر حرارة (التي تصل درجة حرارتها الداخلية إلى خمسة مليارات درجة) تحرق تلك العناصر أيضًا على مدى بضعة ملايين من السنين.

تتبعتْ ورقة FH2 B التفاعلات المختلفة لهذا الاندماج، وشرحتْ كيفية تكوين كل شيء؛ حتى الحديد الذي لا شيء يقل عنه في تطوُّر العناصر. وكنتيجة لورقة FH2 B، فإنَّ علماء الفلك اليوم يمكنهم أنْ يجمعوا دون تمييز كلَّ العناصر بين الليثيوم والحديد معًا «كمعادن» نجمية. وعندما يجدون الحديد في النجوم، فليست هناك أيُّ صعوبة في البحث عن أيِّ شيء آخر؛ فعندما يُرصَد الحديد فهذا ضمانٌ لافتراض أنَّ بقية عناصر الجدول الدوريّ حتى الحديد موجودة.

يشير الحسُّ السليم إلى أنَّ ذرات الحديد سريعًا ما تندمج في النجوم الكبيرة، والناتج من دمج الذرات يشكل كل عنصر؛ نزولاً في الجدول الدوريّ. ولكن مرة أخرى، فشل الحسُّ السليم. فعندما تقوم بالحسابات، وتفحَص مقدار الطاقة التي يتم إنتاجها لكل اتحاد ذريٍّ، ستجد أنَّ اندماج أيِّ شيء إلى بروتونات الحديد (العنصر السادس والعشرين) يحتاج إلى طاقة. وهذا يعني في مرحلة ما بعد الاندماج الحديديِّ post–ferric fusion [36] أنَّ النجم المتعطش للطاقة ليس جيدًا. الحديد هو الجلجلة الأخيرة من حياة النجم الطبيعية.

إذًا، من أين أتت أثقل العناصر، من العنصر السابع والعشرين وحتى الثاني والتسعين، من الكوبالت إلى اليورانيوم؟ من المفارقات، كما تقول ورقة B FH2، أنَّ هذه العناصر ظهرت جاهزة نتيجة انفجارات صغيرة في الانفجار

الكبير. بعد احتراق مسرف لكامل العناصر مثل المغنيسيوم والسيليكون، فإنَّ النجوم الضخمة للغاية (تصل إلى اثنتي عشرة مرة ضعف حجم الشمس) تحترق حتى تصل إلى لُبِّ مراكز الحديد في زمن قدره يوم أرضيّ تقريبًا. ولكن، قبل أنْ تهلك تحدُث حشرجة الموت المروعة؛ فتفتقد إلى الطاقة فجأة، مثل الغاز الساخن، وتحتفظ بحجمها الكامل. النجوم المحترقة تنفجر داخليًّا بسبب جاذبيتها الهائلة، وتنتشر بامتداد آلاف الأميال في غضون ثوانٍ معدودة. حتى أنها في مراكزها تُسحَق البروتونات والإلكترونات معًا إلى نيوترونات أقل ولكن تظل هناك النيوترونات. ثم ترتد مراكز النجوم من هذا الانهيار فتنفجر إلى الخارج، إنها تنفجر فعلاً! لمدة شهر واحد عظيم يمتد المستعر الأعظم Supernova ملايين الأميال ويضيء ببريق أكثر من مليار نجم. وخلال امتداد المستعر الأعظم يصطدم عدد لا

يُحصى من الجسيمات ببعضه بزخم ضخم مرات عديدة في الثانية الواحدة؛ الأمر الذي يجعلها تقفز فوق حدود الطاقة العادية وتتدمج مع الحديد. العديد من نوى الحديد ينتهي بها الأمر بأن تصبح مغلفة بالنيوترونات، والبعض منها ينحل مرة أخرى إلى البروتونات، وبالتالي تكوِّن عناصر جديدة. كل تركيبة طبيعية من العناصر والنظائر تقذف خارجًا من عاصفة الجسيمات.

لقد مرَّت في مجرتنا وحدها مئات الملايين من المستعر الأعظم في هذا التناسخ، ودورة الموت الكارثية. واحد من مثل هذه الانفجارات عجّل في تكوين نظامنا الشمسي؛ فقبل حوالى 4. 6 بلايين سنة، أطلق المستعر الأعظم دويًّا هائلاً من خلال سحابة مسطحة من غبار الفضاء تبلغ مساحتها حوالى خمسة عشر بليون ميل، تمثل بقايا اثنين من النجوم السابقة على الأقل. بدأت جزيئات الغبار الممزوج بالرغوة

من المستعر الأعظم، والمحيط بأكمله تدور في مجموعات ودوامات مثل سطح البركة الهائل المشع. المركز الكثيف للسحابة يتأجج بفعل الشمس (مما يجعله يلتهم بقايا النجوم السابقة)، وبدأت الأجسام الكوكبية تتجمع وتتكتل معًا.

الكواكب الأكثر إثارة هي الكواكب الغازية العملاقة التي تتشكل عندما تفجِّر الريح النجميّة stellar wind - سيل حمم من الشمس - العناصر الأخف وتدفعها إلى الخارج حيث الأطراف. ومن بين تلك الكواكب العملاقة، والأكثر غازية يوجد كوكب المشتري. وهو - ولأسباب مختلفة - يعتبر موقعًا مثاليًّا للعناصر؛ حيث يمكنها أن تعيش في أشكال لا تتصوّرها أبدًا على الأرض.

منذ العصور القديمة، حيكت أساطير حول كوكب الزهرة المتألق، والكوكب الحلقيِّ زحل، والمريخ موطن سكان المريخ

غريبي الأطوار الذي طالما أثار مخيلة البشر. قدَّمت الأجرام السماوية أيضًا مادة خامًّا لتسمية العديد من العناصر. تم اكتشاف أورانوس عام 1781 وسط حماسة الأوساط العلمية؛ على الرغم من حقيقة أنه لا يحتوي على عناصر، فأطلق العلماء اسم اليورانيوم على هذا الكوكب الجديد في عام 1789. النبتونيوم والبلوتونيوم ينبعان من هذا التقليد أيضًا. ولكن، من بين جميع الكواكب، كان كوكب المشتري هو الأكثرَ إثارة في العقود الأخيرة. في عام 1994، اصطدم مذنب شوميكر ليفي 9 به؛ في أول تصادُم بين المجرات لم تشهده البشرية من قبل. ولم يخطئ المذنَّب هدفه؛ فقد ضربت إحدى وعشرين شظية من المذنبِ الكوكبَ، وتقافزتْ كرات نارية نحو الأعلى إلى مسافة ألفي كيلومتر. هذه الدراما أثارت الجمهور أيضًا، وعلماء وكالة ناسا أجابوا عن بعض الأسئلة المذهلة خلال جلسات مباشرة.

سأل رجل: «هل من الممكن أن يكون مركز كوكب المشتري عبارة عن ألماس أكبر حجمًا من الأرض كلها؟». وسأل آخر: «ماذا عن البقعة الحمراء العملاقة على أرض كوكب المشتري؟ وما علاقتها بفيزياء فرط الأبعاد hyper–dimensional physics التي تتردد عنها أقاويل كثيرة، هذا النوع من الفيزياء الذي من شأنه أنْ يجعل السفر عبر الزمن ممكنًا؟!».

بعد بضع سنوات من شوميكر ليفي، وبعد أن حرف كوكب المشتري مذنَّب هالي بوب[37] المذهل الذي كان متجهًا نحو الأرض، انتحر تسعة وثلاثون شخصًا من طائفة مرتدي أحذية نايك في سان دييغو[38]؛ لأنهم كانوا يعتقدون أنَّ كوكب المشتري قد صرف ذلك الجسم السماويَّ الغريب الذي كانوا يأملون أنه سيحملهم على شعاع خفيٍّ إلى مركبات خيالية وروحية، حيث ينطلقون إلى الفضاء!

الآن، لم يعُد لمثل هذه المعتقدات الغريبة أيُّ اعتبار. (فريد هويل المشارك في FH2B، وعلى الرغم من مؤهلاته، لم يعتقد في نظرية التطور أو الانفجار الكبير، وفنَّد الفكرة تمامًا في عبارات ساخرة في برنامج إذاعيٍّ على محطة بي بي سي). ولكن سؤال الألماس الوارد في فقرة سابقة له أساس في الواقع على الأقل! هناك عدد قليل من العلماء جادل على محمل الجد (أو تأمَّل سرًّا)، وقال إنّ كتلة المشتري الهائلة يمكن أنْ تنتج مثل هذه الجوهرة الضخمة. البعض ما زال الأمل يحدوهم في أنَّ الألماس السائل والصلب يمكن أن يكون بحجم جبل كاديلاك إذا كنتَ تبحث عن مواد غريبة حقًّا. ويعتقد علماء الفلك أنَّ المجال المغناطيسيَّ غير المنتظم لكوكب المشتري يمكن تفسيره فقط من خلال كميات كبيرة من سائل «الهيدروجين المعدنيِّ» الأسود. شاهد العلماء الهيدروجين المعدنيَّ على الأرض فقط

لمدة نانو ثانية تحت أقصى ظروف شاملة يمكن تهيئتها. ومع ذلك، إنَّ العديد منهم باتوا مقتنعين بأنَّ كوكب المشتري محاط بخزَّان بسُمك سبعة وعشرين ألف ميل من الهيدروجين المعدنيّ.

السبب في أنَّ العناصر تعيش مثل هذه الحياة الغريبة داخل كوكب المشتري (وبدرجة أقل داخل زحل؛ ثاني أكبر كوكب) هو أنَّ كوكب المشتري بينَ بينَ؛ فهو ليس بالكوكب الكبير بقدر ما هو نجم ضعيف. فقد امتصَّ كوكب المشتري حوالى عشر مرات أكثر فتات الصخور وبقاياها خلال تشكيلته، ويمكن أنه قد تشكل من قزم بُنِيٍّ brown dwarf[o] النجم ذو الكتلة القويّة بما فيه الكفاية لدمج بعض الذرات معًا وإعطاء ضوء بنيٍّ بقوة كهربائية منخفضة[39]. إنَّ مجموعتنا الشمسية تحتوي نظامًا ثنائيًّا (كما سنرى، وهذا ليس جنونًا). كوكب المشتري بدلاً من أن يبرد تحت خط

الاندماج، يحافظ على حرارة كافية وضغط قويٍّ ليضم الذرات القريبة معًا بشدة؛ وصولاً إلى النقطة التي تتوقف فيها عن التصرف مثل الذرات التي نعرفها على الأرض. داخل كوكب المشتري، تدخل الذرات حالة وُسطى بين التفاعلات الكيميائية والنووية، حيث إن الألماس بحجم الكوكب والمعدن الهيدروجيني الزيتيّ يبدوان معقولَيْن.

الطقس على سطح كوكب المشتري يلعب حيلاً مماثلة مع العناصر، وهذا ليس من المستغرب على الكوكب الذي يمكن أنْ يدعم العملاق الأحمر؛ الإعصار الأكبر بثلاث مرات من الأرض، والذي لم يتبدد بعد قرون من الزوبعة القوية. العوامل الجوية في عمق كوكب المشتري مذهلة جدًّا؛ لأنَّ الريح النجميّةَ تفجِّر فقط العناصر الأخفَّ وزنًا والأكثر شيوعًا لمسافة تصل إلى بُعد كوكب المشتري نفسه، لذا ينبغي أنْ يكون لها التكوين الأساسي العنصريّ للنجوم

الحقيقية نفسه؛ 90 في المئة هيدروجين، 10 في المئة هيليوم، وكمية يمكن التنبؤ بها من عناصر أخرى، بما في ذلك النيون. ولكن الأقمار الصناعية مؤخرًا أظهرت أنَّ رُبع الهيليوم مفقود في الغلاف الجويِّ الخارجيِّ، كما هو الحال مع 90 في المئة من النيون.

إنَّ وجود وفرة من تلك العناصر في أعمق الأعماق ليس من قبيل الصدفة؛ إذ إنّ شيئًا ما على ما يبدو قد ضخ الهيليوم والنيون من بقعة واحدة إلى أخرى، وربما يدرك العلماء كنه هذا الشيء بالاستعانة بخريطة الطقس.

في النجم الحقيقيِّ، تقع جميع الانفجارات النووية الصغيرة في المركز لتوازن قوة الجذب الداخليِّة الثابتة. في كوكب المشتري، ولأنه يفتقر إلى الفرن النوويِّ nuclear furnace، فأي شيء يمكن أنْ يمنع الهيليوم أو النيون الأثقل في الطبقات الغازية الخارجية من السقوط إلى

الداخل. تلك الغازات تقترب من طبقة الهيدروجين السائل المعدنيِّ، والضغط الجويّ المكثف هناك يسحق ذرات الغاز المذاب معًا ويحوّلها إلى سوائل، إنّ العملية تتم بسرعة مذهلة.

الآن، وقد شاهد الجميع ألوان الهيليوم والنيون الزاهية الناجمة عن احتراقهما في أنابيب الزجاج، والتي تسمى أضواء النيون، فإنَّ الاحتكاك خلال القفز بالمظلات فوق كوكب المشتري يكون له تأثير سقوط قطرات من تلك العناصر نفسه وبالطريقة نفسها، وبنشطها مثل الشُّهُب. لذا، إذا سقطتْ قطرات كبيرة بما فيه الكفاية بسرعة كفاية، وحلق شخص ما بالقرب من طبقة الهيدروجين المعدني داخل كوكب المشتري، فمن الممكن وقتها فقط أنْ يرفع بصره إلى الأعلى؛ إلى السماء البرتقالية والصفراء الباهتة، ويشاهد الضوء الأكثر إثارة من أيِّ وقت وكأنّه ألعاب نارية تضيء

ليل الكوكب الغازي، مع تريليون من الشرائط القرمزية اللامعة، وهو ما يسميه العلماء (مطر النيون).

***

يختلف تاريخ الكواكب الصخرية في مجموعتنا الشمسية (عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ)، حيث أن الدراما الخاصة بها أدق. عندما بدأ النظام الشمسيُّ بالاندماج، تشكلت الكواكب الغازية العملاقة أولاً - في أقل من مليون سنة - وتجمعت العناصر الثقيلة في الحزام السماويِّ في مركز مدار الأرض تقريبًا، وبقيتْ هادئة لملايين السنين أكثر. عندما كانت الأرض وجيرانها تنسج أخيرًا في كرات منصهرة، تم مزج هذه العناصر كثيرًا أو قليلاً بشكل موحد داخلها. كما قال وليم بليك: «إذا أمكنك أنْ تمسك حفنة من التراب فأنت تمسك الكون كله، سيكون الجدول الدوريّ كله في راحة يدك». ولكن، كلما تمخضت العناصر، بدأت الذرات تنجذب

مع توائمها وقريباتها الكيميائية، وبعد مليارات العمليات من الأخذ والعطاء المتبادل، تشكل حجم جيد لوضع كل عنصر. على سبيل المثال، غرق الحديد الكثيف في قلب كل كوكب، حيث يقع اليوم. (حتى لا يتفوق عليه المشتري، فإنَّ سائل مركز عطارد يطلق أحيانًا حديدًا بشكل «كتل رقيقة من الثلج» ليست مثل تلك المألوفة في كوكبنا؛ الشكل السداسيِّ المكون من الماء، ولكن مثل المكعبات المجهرية)[40]. الأرض انتهى تشكلها من جليد طافٍ ضخم من اليورانيوم والألومنيوم وغيرهما من العناصر، إلا أنَّ شيئًا آخر قد حدث؛ فتبريد كوكب الأرض عزَّز بما يكفي لجعل المخاض صعبًا. لذلك تركنا اليوم مع مجموعات من العناصر، ولكنها مجموعات كافية تتوزع بعيدًا عن بعضها - باستثناء بعض الحالات - ولا يمكن لبلد احتكارها.

مقارنة مع الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، إن الكواكب الأربعة الصخرية في نظامنا لديها تركيزات مختلفة من كل نوع من العناصر. معظم الأنظمة الشمسية ربما تكون قد تشكلتْ من المستعر الأعظم، وتشكلتْ كل نسبة من العناصر بالضبط على حسب طاقة المستعر الأعظم المتاحة مسبقًا لدمج العناصر، وأيضًا ما كان موجودًا (مثل الغبار الفضائي) ليخلط مع الحمم. ونتيجة لذلك، إنَّ كل نظام شمسيٍّ لديه بصمة من العناصر فريدة من نوعها.

ربما تتذكر من دروس الكيمياء في المدرسة الثانوية رؤيتك رقمًا تحت كل عنصر في الجدول الدوريّ للإشارة إلى الوزن الذريِّ له؛ إنه يمثل مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات. الكربون على سبيل المثال يزن 12.011 وحدة. في الواقع، هذا فقط في المتوسط. معظم ذرات الكربون تزن بالضبط 12 وحدة، و 0.011 هذه لتثبيت

حساب الكربون المتناثر الذي يزن 13æÃ 14 وحدة. مع ذلك، في المجرات المختلفة، يمكن لمتوسط الكربون أنْ ينحرف أعلى أو أقل قليلاً. وعلاوة على ذلك، ينتج المستعر الأعظم العديد من العناصر المشعة، والتي تبدأ بالتحلل على الفور بعد الانفجار. فمن غير المرجح بدرجة كبيرة أنْ نعثر على نظاميْن لديهما النسبة نفسها من العناصر المشعة إلى غير المشعة؛ إلا إذا كان النظامان قد وُلدا في آنٍ واحد.

وبالنظر إلى التباين بين الأنظمة الشمسية، وبالنظر إلى أنها تكونت بشكل مبهم منذ فترة طويلة، قد يسأل الناس العقلاء: كيف كوَّن العلماء فكرة ضبابية عن كيفية تشكل الأرض؟ في الأساس، حلَّل العلماء كمية العناصر الشائعة والنادرة في القشرة الأرضية ومواقعها، واستنتجوا كيف وصلتْ إلى ما هي عليه. على سبيل المثال، العناصر الشائعة - مثل الرصاص واليورانيوم - حددت تاريخ ميلاد

الكوكب من خلال سلسلة تجارب أجراها بشغف طالب دراسات عليا في شيكاغو في الخمسينيات من القرن العشرين.

أثقل العناصر هي العناصر المشعة، وأبرزها هي اليورانيوم الذي ينحل إلى الرصاص المستقر. منذ أنْ أصبح كلير باترسون ذا خبرة بعد مشروع مانهاتن، عرف المعدل الصحيح لانحلال اليورانيوم. كان يعلم أيضًا أنَّ هناك ثلاثة أنواع من الرصاص موجودة على الأرض. كل نوع (æÃ نظير) له وزن ذريٌّ مختلف؛ 204 ¡206 æÃ¡207. وقد عرف أيضًا أنَّ الأنواع (النظائر) الثلاثة من الرصاص وُجِدت منذ ولادة المستعر الأعظم لدينا، ولكن بعضها نشأ حديثًا بواسطة اليورانيوم. والفكرة هنا أنَّ اليورانيوم ينحل إلى اثنين فقط من تلك الأنواع 206 æ207. أما 204 فهو ثابت، حيث لا يوجد عنصر ينحل فيه. الفكرة الرئيسة هي

أنَّ نسبة 206æ207 إلى النظير 204 المستقر قد ارتفعتْ بمعدل يمكن التنبؤ به، وذلك لأنَّ اليورانيوم يستمر بإعطاء المزيد من الاثنين السابقين. لو استطاع باترسون معرفة أعلى نسبة الآن عما كانت عليه في الأصل، فبإمكانه استخدام معدل انحلال اليورانيوم لاستقراء الماضي إلى العام صفر.

لم يكن هناك أحد لتسجيل نسب الرصاص الأصلية، حتى باترسون لم يكن يعرف متى يتوقف عن تتبع الماضي، لكنه وجد طريقة للتغلب على ذلك! لم يتحوّل كل الغبار الفضائيِّ حول الأرض إلى كواكب بطبيعة الحال. فقد تشكلت الشهب والكويكبات والمذنبات أيضًا؛ لأنها تشكلتْ من الغبار نفسه، وتطفو في الفضاء بدرجة حرارة منخفضة. ومنذ ذلك الحين تحتفظ هذه الأجرام بكتل من الأرض البدائية. وكذلك لأنَّ الحديد يقع على قمة هرم تفاعلات

الانصهار النجميِّ Stellar nucleosynthesis، فإنَّ الكون يحتوي على كمية غير متناسبة من الحديد. الشهب عبارة عن حديد صلب. الخبر السار هو أنَّ الحديد واليورانيوم - كيميائيًّا - لا يختلطان، ولكن الحديد والرصاص يفعلان ذلك، لذلك تحتوي الشهب على الرصاص في النسبة الأصلية نفسها كما في الأرض، لأنه لا يوجد يورانيوم في الجوار ليضيق على ذرات الرصاص الجديدة. حصل باترسون بحماسة على أجزاء من نيزك كانيون ديابلو في ولاية أريزونا وبدأ العمل.

في مرحلة عصر التصنيع خرجتْ الأمور عن مسارها وسببت مشكلة أكبر، وأكثر انتشارًا. استخدم البشر منذ العصور القديمة الرصاص اللين لتنفيذ مشاريع، مثل أنابيب المياه والصرف الصحيِّ. (رمز الرصاص على الجدول الدوريّ، Pb، وهو مستمد من الكلمة اللاتينية نفسها التي

قدمتْ لنا كلمة «سبّاك» (plumber). ومنذ ظهور الطلاء المحتوي على الرصاص «ضد الخدش» والبنزين في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، ارتفعتْ مستويات الرصاص في الجو المحيط بالطريقة نفسها التي ترتفع فيها مستويات ثاني أكسيد الكربون الآن. هذا الانتشار أفشَلَ محاولات باترسون في وقت مبكر لتحليل النيازك، واضطر لوضع تدابير أكثر فعالية من أيٍّ وقت مضى - مثل معدات الغلي في مركز حامض الكبريتيك - ليبقي حديد الإنسان المتبخر خارج تلك الصخور الفضائية البكر. كما قال في وقت لاحق في مقابلة: «الرصاص في شعرك، وعندما تمشي إلى مختبر فائق النظافة مثل مختبري، فسوف تلوث المختبر اللعين كله».

الدقة في العمل سرعان ما تحولتْ إلى هاجس هنا. عندما يقرأ باترسون الرسوم الهزلية في صحيفة الصانداي

فإنه يرى شخصية (بغ بن) الغبية والمختنقة بالغبار، كرمز للإنسانية، سحابة الغبار المحيطة (بغ بن) تمثل هواءنا المحمل بالرصاص. ولكن تثبيت باترسون للرصاص أدى إلى نتيجتين مهمتين: الأولى، عندما نظف مختبره بما فيه الكفاية خرج بأفضل تقدير لعمر الأرض، 4. 55 بليون سنة. ثانيًا، خوف باترسون من آثار الرصاص حوَّله إلى ناشط في مجال البيئة.

لقد كان لنتائجه الفضل الأكبر في أنَّ الأطفال لن يأكلوا الرقائق الملوثة بالرصاص، وأنَّ محطات الوقود لن تنزعج من الإعلان عن الوقود «الخالي من الرصاص». شكرًا لحملة باترسون، إنَّه من المتعارف عليه اليوم أنَّ الطلاء الملوث بالرصاص ينبغي أن يُمنَع، ويجب على السيارات عدم تلويث الهواء بأبخرة الرصاص؛ لكي نتنفس ونحافظ على سلامة شعرنا.

حدَّد باترسون تاريخ نشأة الأرض، ولكن معرفة الوقت الذي تم تشكيل الأرض فيه ليس كل شيء! تم تشكيل كوكب الزهرة وعطارد والمريخ في وقت واحد، ولكن باستثناء بعض التفاصيل السطحية، فإنها بالكاد تشبه الأرض. لتجميع التفاصيل الدقيقة من تاريخنا، كان على العلماء استكشاف بعض الممرات الغامضة في الجدول الدوريِّ.

في عام 1977، قام الفريق الفيزيائيُّ الجيولوجيُّ المكون من أبٍ وابنه - هما لويس والتر ألفاريز - بدراسة رواسب حجر جيريٍّ في إيطاليا يعود تقريبًا إلى الفترة التي شهدت انقراض الديناصورات. بدتْ طبقات الحجر الجيريِّ متماسكة، ولكن طبقة ناعمة غامضة من التراب الأحمر غبَّرت الرواسب من حوالى تاريخ الانقراض، منذ خمسة وستين مليون سنة. الغريب أيضًا أنَّ التراب كان يحتوي

على عنصر الإيريديوم بأكثر من المستوى العاديِّ بستمائة مرة.

الإيريديوم من العناصر الودودة، أو إنه عنصر محبٌّ للحديد[41]؛ ونتيجة لذلك يرتبط أكثر في لُبِّ الحديد المنصهر في الأرض. المصدر المشترك الوحيد للإيريديوم هو الشهب الغنية بالحديد، والكويكبات، والمذنبات التي استولتْ على تفكير ألفاريز.

الأجرام مثل القمر تحتوي ندوبًا من حفر بسبب قصف قديم، وليس هناك سبب للاعتقاد بأنَّ الأرض نجتْ من القصف. إذا كان هناك شيء كبير في حجم مدينة ضربَ الأرضَ قبل 65 مليون سنة، فبإمكانه أنْ يرسل طبقة من غبار غنيٍّ بالإيريديوم شبيه بطبقة غبار (بغ بن) في جميع أنحاء العالم. وهذه السحابة قد تُفقِد الشمس قدرتها وتخنق الحياة النباتية، وهذا يصلح كتفسير منطقي لانقراض - ليس

فقط الديناصورات - حوالى 75 في المئة من الحيوانات 99æ في المئة من جميع الكائنات الحية في ذلك الوقت.

استغرق الأمر الكثير من العمل لإقناع بعض العلماء، ولكن سرعان ما أكَّد الفريق ألفاريز أنَّ طبقة الإيريديوم تتمدد في جميع أنحاء العالم، واستبعدوا الاحتمالات الأخرى، وهي أنَّ رواسب الغبار أتتْ من المستعر الأعظم القريب. عندما اكتشف جيولوجيون آخرون (يعملون في شركة النفط) حفرة بسعة أكثر من مائة كيلومتر، وبعمق اثني عشر ميلاً، وبعمر خمسة وستين مليون سنة على شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك، بدتْ نظرية كويكب إيريديوم المنقرض صحيحة.

إلا أنه لا يزال هناك القليل من الشك يعيق الضمير العلميِّ؛ فقد يكون الكويكب قد حجب الضوء عن الأرض، وسادَ ظلامٌ دامسٌ تسبَّب في أمطار حمضية، وأمواج

تسونامي عالية، ولكن في هذه الحالة قد تستقر الأرض خلال عقود على الأكثر. كانت المشكلة - وفقًا لسجل الحفريات - أنَّ الديناصورات ماتت على مدى مئات الآلاف من السنين. العديد من علماء الجيولوجيا اليوم يعتقدون أنَّ البراكين الضخمة في الهند، والتي كانت تتفجر بالتزامن قبل وبعد أحداث جزيرة يوكاتان، ساعدتْ في القضاء على الديناصورات. في عام 1984، بدأ بعض علماء الحفريات جدلاً حول أنَّ موت الديناصور كان نموذجًا لنمط أكبر؛ فعلى ما يبدو، إنَّ الأرض تتعرض لحالات انقراض جماعيٍّ كل 26 مليون سنة أو نحو ذلك. أم إنَّ سقوط الكويكب وقت الديناصورات تم بمحض الصدفة؟

بدأ الجيولوجيون أيضًا الكشف عن طبقات رقيقة أخرى من التراب الغنيِّ بالإيريديوم الذي تزامن جيولوجيًّا مع حدوث انقراضات أخرى. واتباعًا لتوجه فريق ألفاريز، خَلُص عددٌ

قليل من الناس إلى أنَّ الكويكبات أو المذنبات تسببتْ في كل الإبادات الكبرى في تاريخ الأرض. لويس ألفاريز الأب رأى أنَّ هذه الفكرة مشكوك فيها، خاصة وأنه لا أحدَ يستطيع أنْ يفسر الجزءَ الأكثر أهمية والأكثر جذرية وغير القابل للتصديق من النظرية، وهو سبب اتساق الانقراضات. ما عكَس رأي ألفاريز عنصر آخر غير متميز، ألا وهو الرينيوم.

كما أشار زميل ألفاريز - ريتشارد مولر - في كتابه نيميسس Nemesis، اقتحم ألفاريز مكتب مولر في أحد أيام الثمانينيات ملوحًا بورقة تخمينية «سخيفة» عن الانقراضات الدوريّة التي كان من المفترض أنْ يراجعها مولر. كانت الحماسة بادية على ألفاريز، وقرر مولر تشجيعه على كل حال. بدأ الاثنان نقاشًا حاميًا وكأنهما

زوجان يتشاجران! أوجز مولر جوهر المسألة على هذا النحو: «في اتساع الفضاء، الأرض هدف صغير جدًّا. الكويكب الذي يمر بالقرب من الشمس لديه فقط فرصة بنسبة واحد في المليار لضرب كوكبنا. التأثيرات التي تحدث ينبغي أنْ تكون متباعدة بشكل عشوائيٍّ، وليس بالتساوي في الوقت المناسب. ما الذي يجعلها تضرب على جدول منتظم؟».

على الرغم من أنه ليست لديه أدنى فكرة، دافع مولر عن إمكانية أنَّ شيئًا ما يمكن أن يسبب القصف الدوريّ. وأخيرًا، كان لدى ألفاريز ما يكفي من التخمين، ودعا مولر إلى الخارج، مطالبًا بمعرفة كنه ذلك الشيء. مولر، في *ما وصفه بلحظة العبقرية المرتجلة من وقود الأدرينالين* اقترب، وقال بارتجال: «إليكَ هذا الرأي: من الجائز أنْ يكون للشمس نجمٌ مرافق يطوف حولها، إنَّ الأرض تدور ببطء

شديد بما يكفي لنتمكن من ملاحظته، وربما كانت جاذبية هذا النجم تختطف الكويكبات المتجهة إلى الأرض كلما اقتربتْ منا!». قد يقصد مولر النجم الرفيق، الذي أُطلِقَ عليه في الماضي اسم نيميسس Nemesis[42] (من اسم آلهة الانتقام عند الإغريق)، نصف هذا الكلام فقط صحيح. ومع ذلك، أوقفت الفكرة ألفاريز سريعًا؛ لأنها توضح شيئًا من التفصيل المثير عن الرينيوم.

تذكر أنَّ جميع الأنظمة الشمسية لديها بصمة، وهي نسبة فريدة من النظائر. تتبَّع ألفاريز الرينيوم، ووجده مخلوطًا في طبقات من تراب الإيريديوم، وعلى أساس نسبة نوعيْن من الرينيوم (أحدهما مُشع، والآخر غير مشع)؛ عرف أيّ الكويكبات - كما تقول الأسطورة - كويكبات نيميسس المزعومة لإلحاق العذاب، تأتي من نظامنا الشمسيِّ؛ حيث إنَّ النسبة كانت هي نفسها كما على

الأرض. إذا كان نيميسس يتأرجح كل 26 مليون سنة ويقذفنا بالصخور الفضائية، فإنَّ هذه الصخور لديها أيضًا النسبة نفسها من الرينيوم. يمكن أنْ يفسِّر نيميسس لماذا فنيت الديناصورات ببطء. الحفرة المكسيكية ربما كانت فقط أكبر ضربة هاوية بقيتْ عدة آلاف من السنين، طالما أنَّ نيميسس قريب. ربما لم تكن جرحًا ضخمًا واحدًا، ولكن الآلاف أو ملايين اللسعات الصغيرة التي أنهتْ زمن الزواحف الرهيبة.

في ذلك اليوم في مكتب مولر، هدأت أعصاب ألفاريز - الذي يأتي بسهولة يذهب بسهولة - بمجرد أنْ أدرك أنَّ الكويكبات الدوريّة كانت على الأقل ممكنة. ترك مولر وحده راضيًا. لكن مولر لم يستطع التخلي عن فكرة الصدفة، وكلما تأمل فيها ازداد اقتناعًا. لماذا لا يكون نيميسس موجودًا؟ فبدأ يتحدث مع علماء الفلك ويطالع الكثير من الأوراق

المنشورة عن نيميسس، وجمع الأدلة والبيانات الغزيرة، وألَّف كتابه في بضع سنوات حافلة في منتصف الثمانينيات، يبدو أنه حتى كوكب المشتري لم يكن لديه ما يكفي من الكتلة لتفجير نفسه مثل النجم، أو ربما كان للشمس مرافق سماويٌّ.

لسوء الحظ، لم تكن الأدلة غير الظرفية لنيميسس قوية مطلقًا، وسرعان ما بدت أكثر شحًّا. إذا كانت النظرية الأصلية للأثر الواحد قد سببت انتقادات النقاد من قبل، فإنَّ نظرية نيميسس جعلتهم يصطفون مثل الجنود البريطانيين المحاربين المتحفزين لإطلاق النيران. فمن غير المرجح أنَّ علماء الفلك قد فقدوا مجرد جسم سماويٍّ خلال آلاف السنين من النظر إلى السماء؛ حتى لو كان نيميسس في أبعد نقطة فيها. ولا سيما وأنَّ أقرب نجم معروف - رجل القنطور [43] - يقع على بُعد أربع سنوات ضوئية، بينما نيميسس كان يمكن أنْ يتحرك ببطء في غضون نصف سنة ضوئية لإلحاق

عقابه. هناك الرافضون والحالمون الذين لا يزالون يبحثون عن العنوان الكونيِّ لنيميسس، ولكن كل عام يمر دون رؤيته يقلل من احتمال وجوده.

ومع ذلك، لا تقلل من شأن قوة الناس على التفكير. وبالنظر إلى ثلاث حقائق - الأولى هي الانقراض العاديّ على ما يبدو، والثانية هي الإيريديوم؛ وهو ما يعني ضمنًا التأثيرات، والثالثة هي الرينيوم؛ وهو ما يعني ضمنًا المقذوفات من نظامنا الشمسي - شعر العلماء أن هناك شيء ما؛ حتى لو لم يكن نيميسس هو الآلية. كانوا يطاردون دورات أخرى يمكن أن تسبب الفوضى، وسرعان ما وجدوا مرشحًا في حركة الشمس.

يفترض كثير من الناس أنَّ ثورة كوبرنيكوس Copernican Revolution علقت الشمس في بقعة محددة الزمان والمكان. ولكن في الحقيقة، تم سحب الشمس

جانبًا بمدٍّ وجزر من مجرتنا الحلزونية المحلية، وتذبذبتْ صعودًا وهبوطًا مثل الناقل الدائريِّ المتمايل [44]. اعتقد بعض العلماء أنَّ هذا التمايل يجعلها أقرب بدرجة كافية لسحب سحابة عائمة هائلة من المذنبات وكتل من الشظايا الصخرية الفضائية التي تحيط بنظامنا الشمسيِّ، سحابة ÊÑæÃ [45]. جميع أجسام سحابة أورت نشأتْ مع ولادة المستعر الأعظم لدينا، وكلما صعدت الشمس إلى الذروة أو هبطتْ إلى أدنى مستوياتها خلال العشرين مليونًا وبعض المليون سنة، كانت تجذب أجرامًا صغيرة ضارة، وترسلها على نحو مثير إلى الأرض. الغالبية منها كانت ترتد بفعل جاذبية الشمس (أو كوكب المشتري الذي تلقى رصاصة مذنب شوميكر ليفي الموجهة لنا)، والقوية بما فيه الكافية سوف تفلت ثانية وتضرب الأرض. هذه النظرية أبعد ما تكون عن الصحة. ولكن، إذا افترضنا صحتها، فمعناها أننا في ناقل

دائريٍّ طويل وخطر يتخلل الكون. على الأقل، يمكننا أنْ نشكر الإيريديوم والرينيوم على السماح لنا بأنْ نعرف ذلك. وربما في وقت قريب، من الأفضل أن ننحني خوفًا من سقوط المذنبات علينا.

بتعبير محدد، الجدول الدوريّ في الواقع غير مرتبط بدراسة تاريخ العناصر الفلكية. يتكون كل نجم من لا شيء تقريبًا إلاّ الهيدروجين والهيليوم، وكذلك الكواكب الغازية العملاقة. ولكن، مهما كانت أهمية الكوزمولوجيا (دراسة علم الكون)، فإنَّ دورة الهيدروجين والهيليوم لا تُطلِق العَنان للخيال. لاستخراج التفاصيل الأكثر إثارة للاهتمام حول وجودها، مثل انفجارات المستعر الأعظم والحياة الكربونية، نحن في حاجة إلى الجدول الدوريّ. كما كتب الفيلسوف المؤرخ إريك شيري: «جميع العناصر الأخرى من غير الهيدروجين والهيليوم تشكل فقط 0.04 في المئة من الكون.

يتضح من خلال هذه الرؤية أنَّ النظام الدوريَّ يبدو غير ذي أهمية إلى حدٍّ ما... ولكن، تظل الحقيقة أننا نعيش على الأرض... حيث الوفرة النسبية للعناصر مختلفة تمامًا».

إنه أمرٌ صحيح ومنطقيٌّ بما فيه الكفاية؛ على الرغم من أنَّ عالم الفيزياء الفلكية كارل ساجان[46] قالها مؤخرًا بشاعرية أكثر. بدون الأفران النووية الموصوفة في ورقة B HF2 لتشكيل العناصر مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين، ودون انفجارات المستعر الأعظم لصنع أماكن ضيافة مثل الأرض، لا يمكن أنْ تتشكل حياة أبدًا. أو كما قال ساجان في تعبير مؤثر: «ما نحن إلاّ حفنة من غبار النجوم».

لسوء الحظ، واحدة من الحقائق المحزنة في التاريخ الفلكيّ هي أنَّ عبارة ساجان «من غبار النجوم» لم تنطبق على كل أجزاء كوكبنا بالتساوي. على الرغم من العناصر المتفجرة في كل الاتجاهات من المستعر الأعظم، وعلى

الرغم من أفضل الجهود التي تبذلها الأرض المتموجة والمنصهرة، أصبحتْ بعض الأراضي ذات تركيزات عالية من المعادن النادرة. في بعض الأحيان، كما هو الحال في يوتربي في السويد، تلهم العناصر العبقرية العلمية، ولكنها في كثير من الأحيان تثير الطمع والجشع؛ وخاصة عندما تُستخدم هذه العناصر الغامضة في التجارة والحرب، أو الأسوأ من ذلك كله؛ في الاثنين معًا!!

الفصل الخامس:

العناصر في أوقات الحرب

Nb Ta Sc W Mo Cl Os Br

مثل غيره من مكونات المجتمع الحديثة - كالديمقراطية، والفلسفة، والفن المسرحي - نستطيع أنْ نتتبع تاريخ الحرب الكيميائية التي تعود إلى اليونان القديمة، وتحديدًا في مدينة أسبرطة التي ضربتْ حصارًا على أثينا في العام 400 قبل الميلاد، وقررتْ إخضاع منافسيها العنيدين بواسطة أحدث تكنولوجيا كيميائية عُرفتْ في ذلك الوقت. تسلل الإسبرطيون بهدوء إلى أثينا وهم يحملون حزمًا من الخشب، ومادة صمغية، وكبريتًا كريه الرائحة، وقاموا بإشعالها، وأسرعوا إلى

خارج أسوار المدينة، وجلسوا القرفصاء متحفزين في انتظار فرار الأثينيين وهم يسعلون؛ تاركين مدينتهم بلا حماية. وعلى الرغم من كونه ابتكارًا متألقًا يشبه فكرة حصان طروادة، إلا أنَّ هذا التكتيك قد فشل، وانتهى الأمر بتصاعد الأدخنة الخانقة فوق أثينا، ولكن المدينة نجتْ من القنبلة ذات الرائحة الكريهة، وكسبت الحرب[47].

ذلك الفشل كان نذيرَ سوء؛ حيث كانت الحرب الكيميائية تتقدم بشكل متقطع منذ ذلك التاريخ - على كل حال - خلال السنوات الألفين والأربعمائة سنة التالية، وظلتْ أقل أهمية من أسلحة أخرى مثل سكب الزيت المغليِّ على المهاجمين. وحتى خلال الحرب العالمية الأولى، لم تكن للغاز قيمة استراتيجية تُذكَر؛ ليس لأنَّ دول العالم لم تعترف بخطورته، ولكن بسبب رفض بعض الدول المتقدمة علميًّا استخدامه. وعند توقيع اتفاقية لاهاي لعام 1899 لحظر

استخدام الأسلحة الكيميائية في الحروب، أبدت الولايات المتحدة تحفظًا له وجاهته؛ وهو أنَّ حظر الغازات - التي كانتْ في ذلك الوقت أقوى قليلاً من رشِّ رذاذ الفلفل - يبدو نفاقًا إذا كانت البلدان كلها راضية عن قتل من هم في الثامنة عشرة من أعمارهم بالمدافع الرشاشة، وإغراق السفن الحربية بالطوربيدات، وترك البحارة يغرقون في بحر مظلم! قوبل تعليق الولايات المتحدة بالسخرية والتهكم من البلدان الأخرى التي وقَّعتْ بتباهٍ على ميثاق لاهاي، ثم ما لبثت أنْ خرقت ما اتفقت عليه!

سر العمل الأولي في العوامل الكيميائية كان يقوم على البروم؛ العنصر الحيويِّ في القنبلة اليدوية، وهو مثل الهالوجينات الأخرى. البروم لديه سبعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجيِّ، ولكنه يحاول باستماتة الحصول على ثمانية. يعرف البروم أنَّ الغاية تبرر الوسيلة؛ وبالتالي

يقوم بتمزيق العناصر الأكثر ضعفًا في الخلايا - مثل الكربون - للحصول على إلكتروناته. يهيِّج البروم الأغشية خصوصًا في العينين والأنف. وبحلول عام 1910 طوَّر الكيميائيون العسكريون غازًا مسيلاً للدموع قائمًا على البروم، وكان قويًّا جدًّا لدرجة أنه يتسبب في حدوث شلل مؤقت؛ حتى للرجل القويّ، بالإضافة إلى الدموع الحارقة والاختناق.

مع عدم وجود سبب للامتناع عن استخدام الغاز المسيل للدموع على مواطنيها (حيث نصَّ ميثاق لاهاي على تحريمها في الحرب فقط)، قامت الحكومة الفرنسية بالقبض على شبكة من لصوص البنك الباريسيِّ باستخدام مادة إيثِل بروموأسيتيت bromoacetate 1 ethy في عام 1912. شيء من هذا القبيل سرعان ما انتشر إلى الدول المجاورة

لفرنسا التي كانت محقة عندما ساورها القلق من انتشار الأسلحة الكيميائية.

عندما اندلعت الحربُ في أغسطس عام 1914، ألقى الفرنسيون على الفور قذائف البروم على القوات الألمانية. ولكن، حتى أسبرطة منذ ألفي سنة مضت قامت بالعمل على نحو أفضل! فقد سقطت القذائف على سهلٍ خالٍ، وكان لهذا الغاز تأثيرٌ لا يُذكر ذهب بعيدًا، قبل أنْ يدرك الألمان أنهم قد «تعرضوا لهجوم». ومع ذلك، من الأصح القول إنَّ القذائف أثرت فوريًّا ولكن بشكل مختلف، حيث إنَّ الشائعات الهستيرية عن الغاز انتشرتْ من خلال الصحف على صعيد المعسكريْن المتحاربيْن. أعجب الألمان بالأبخرة، ووجدوا فيها فرصة رائعة لاستغلال حالات الاختناق والتسمم بأول أكسيد الكربون في ثكناتهم، وإلقاء اللوم على سلاح الفرنسيين السرِّي؛ لتبرير برنامج حرب الألمان الكيميائية.

هناك رجل أصلع، كيميائيّ ذو شارب، يضع نظارة تثبت على الأنف، بفضله تخطت وحدات الغاز البحثية الألمانية سريعًا بقية العالم. هذا العبقريُّ - ويدعى فريتز هابر - كان من أعظم العقول في تاريخ الكيمياء، وأصبح واحدًا من العلماء الأكثر شهرة في العالم حوالى عام 1900؛ عندما توصَّل لكيفية تحويل المواد الكيميائية الشائعة - النيتروجين في الهواء - إلى منتج صناعيٍّ. على الرغم من أنَّ غاز النيتروجين يمكن أنْ يخنق الناس لا شعوريًّا، إلاّ أنه بطبيعته غير مؤذٍ، بل إنه في الواقع عديم الجدوى. الشيء المهم الذي يقوم به النيتروجين هو تغذية التربة؛ إنَّ أهميته بالنسبة للنباتات تشبه أهمية الفيتامين C للبشر. (عندما يهم نبات الإبريق وخناق الذباب بصيد الحشرات، فإنها تبحث عن النيتروجين فيها). ولكن، على الرغم من أنَّ النيتروجين يشكل 80 في المئة من الهواء - أربعة من كل خمسة

جزيئات نتنفسها - إلاّ أنه سيّئ في التربة؛ لأنه نادرًا ما يتفاعل مع أيِّ شيء، كما أنه لا يثبت في التربة. هذا المزيج من الوفرة والفشل والأهمية، أصبح هدفًا طبيعيًّا للكيميائيين الطموحين.

قام هابر بتنفيذ العديد من الخطوات في عملية «لالتقاط» النيتروجين، والعديد من المواد الكيميائية ظهرتْ واختفتْ. ولكن في الأساس، سخَّن هابر النيتروجين لمئات الدرجات، وضخ بعضًا من غاز الهيدروجين، وزاد من الضغط إلى مئات أضعاف الضغط الجويِّ العاديِّ، وأضاف بعض الأوزميوم الحاسم كعامل محفز، ثم يتحول الهواء العادي إلى الأمونيا 3 NH، أصل جميع الأسمدة. مع توفُّر الأسمدة الصناعية الرخيصة الآن، لم يعد المزارعون يقتصرون على أكوام السماد أو الروث لتغذية التربة. حتى في وقت اندلاع الحرب العالمية الأولى، من المرجح أنَّ

هابر قد أنقذ الملايين من الموت جوعًا حسب نظرية مالتوس[48]. ونحن لا نزال نشكره لتغذية معظم دول العالم (6.7 مليارات نسمة اليوم)[49].

ما لم يُذكر في هذا الموجز هو أنَّ هابر لديه اهتمام قليل بالأسمدة؛ رغم أنَّه كان ينكر ذلك أحيانًا. إنه بالفعل يسعى إلى الأمونيا الرخيصة لمساعدة ألمانيا في بناء متفجرات النيتروجين، وهي نوع من قنابل الأسمدة المقطرة التي استخدمها تيموثي ماكفي في تفجير في مدينة أوكلاهوما عام 1995. من المحزن حقيقة أنْ يتكرر ظهور رجال مثل هابر على السطح فجأة على مرّ التاريخ، مثل الدكتور فاوست الضعيف الذي حوَّل الابتكارات العلمية إلى أجهزة قتل فعالة. قصة هابر كانت أكثر إيلامًا من قصة فاوست لأنه كان أكثر مهارةً. بعد اندلاع الحرب العالمية الأولى، كان قادة الجيش الألماني يحدوهم الأمل في كسر

الجمود الذي يدمر اقتصادهم، ولذلك جنَّدوا هابر لقيادة شُعبة حرب الغاز الخاصة في الجيش. وعلى الرغم من أنه حقق ثروة من العقود الحكومية من براءات اختراع الأمونيا، فإنه لم يترك مشاريعه الأخرى بسرعة. وسرعان ما صار يُشار إلى الشُّعبة باسم «مكتب هابر».

هابر، البالغ من العمر ستة وأربعين عامًا، وهو يهوديٌّ اعتنق اللوثرية [50] (ذلك ساعده في عمله) تمت ترقيته إلى رتبة رسمية أعلى؛ الأمر الذي جعله فخورًا بطريقة صبيانية.

كانت عائلته أقل انبهارًا بما حققه هابر؛ حيث كانت علاقاته الاجتماعية تتسم بالفتور؛ حتى مع الشخص الوحيد الذي ساعده وضحى من أجله، وهو زوجته كلارا أمروير. كانت شخصية ناضجة وعبقرية، وهي أول امرأة تحصل

على الدكتوراه من جامعة مرموقة في مسقط رأس هابر، بريسلاو (الآن فروتسواف). ولكن، على عكس ماري كوري - المعاصرة لها - لم تتجح أمروير؛ لأنها بدلاً من الزواج من رجل منفتح مثل بيير كوري، تزوجت هابر. للوهلة الأولى، لم يكن الزواج منه قرارًا سيئًا؛ فهو شخص لديه طموحات علمية. ولكن، مهما تألق هابر في الكيمياء كان إنسانًا ذا عيوب كثيرة. أمروير، كما قال أحد المؤرخين عنها: «لم تكن مستقلة قطّ». وقالت متحسرة ذات مرة لأحد الأصدقاء: «كانت طريقة فريتز في الحياة أنه يضع نفسه في المرتبة الأولى دائمًا... في البيت، والعلاقة الزوجية؛ لذا فالشخصية الأقل حزمًا دُمرتْ ببساطة». وقالت إنها ساعدت هابر عن طريق ترجمة المخطوطات إلى اللغة الإنجليزية، وتقديم الدعم الفنيِّ لمشاريع النيتروجين، لكنها رفضت

مساعدته في أعمال غاز البروم، ولكنه لم يلتفتْ لكل ما بذلته ولم يشكرها!

منذ أن فشلتْ ألمانيا في مواكبة الحرب الكيميائية الفرنسية المكروهة، تطوَّع العشرات من الشباب الكيميائيين الآخرين للعمل. وفي مطلع عام 1915، أصبح للألمان سلاحٌ مضاد للغاز الفرنسيِّ المسيل للدموع. وهذه المرة، اختبر الألمان قذائفهم على الجيش البريطانيِّ الذي لم يكن يحمل الغاز. ولحسن الحظ، كما حدث مع أول هجوم فرنسي بالغاز، فرَّقت الرياح الغاز؛ فلم يشعر الجنود البريطانيون المستهدفون في خندق قريب إلاّ ببعض الخمول، ولم تكن لديهم أدنى فكرة أنهم تعرضوا لهجوم.

أراد الجيش الألمانيُّ - من دون رادع - تكريس المزيد من الموارد للحرب الكيميائية. ولكن، واجهتهم مشكلة أنهم لا يريدون خرق اتفاقية لاهاي المزعجة (مرة أخرى) علنًا. وكان

الحل هو تفسير الاتفاقية بطريقة ملتوية! كانت ألمانيا قد وافقتْ على «الامتناع عن استخدام المقذوفات التي يكون الهدف الوحيد منها نشر الغازات الخانقة أو الضارة». لذا، بالنسبة إلى القراءة المتقنة للقانون، فإنَّ المعاهدة لا تختص بالقذائف التي تُلقي الشظايا والغاز.

احتاج الأمر إلى بعض الهندسة البارعة، فسائل البروم المنسكب الذي تبخر وتحول إلى غاز مباشرة أفسَدَ مسار القذائف، ولكنَّ الصناعة العسكرية العلمية الألمانية نجحتْ، وأصبحتْ قذيفة 15 سم المليئة بزايليل البروميد المسيل للدموع جاهزةً بحلول أواخر 1915. أطلق الألمان على هذا السلاح اسم æÃweisskreuz «الصليب الأبيض». مرة أخرى تركوا الفرنسيين مرة أخرى وحدهم، وحوَّلتْ ألمانيا وحدات الغاز المتنقلة إلى الشرق لقصف الجيش الروسيِّ بثمانية عشر ألفًا من «الصليب الأبيض». إذا أردنا وصف

هذه المحاولة، فلنقل إنها كانت أكثر فشلاً من الأولى؛ كان الطقس في روسيا شديد البرودة؛ ولذلك تجمَّد بروميد الزايليل وأصبح صلبًا.

بعد دراسة النتائج الضعيفة التي أسفرتْ عنها التجارب السابقة، تخلى هابر عن البروم، ووجَّه جهوده لقريبه الكيميائيِّ الكلور الذي يقع فوق البروم في الجدول الدوريِّ، والذي يُعتبر استنشاقه أكثر ضررًا. إنه أكثر عدوانية في مهاجمة العناصر الأخرى للحصول على الإلكترون، ولأنّ الكلور أصغر - كل ذرة تزن أقل من نصف ذرة البروم - يمكن أنْ يهاجم خلايا الجسم أكثر من ذلك برشاقة أكبر. الكلور يحوِّل جلد الضحايا إلى الأصفر والأخضر والأسود، كما يسبب عتامة لعدسات العيون، إنهم فعلاً يموتون من الغرق جرّاء تراكم السوائل في الرئتين. إذا كان غاز البروم بمثابة كتيبة من جنود المشاة تشتبك مع الأغشية المخاطية،

فإنَّ الكلور مدرعة حرب خاطفة تسرع نحو دفاعات الجسم لتمزيق الجيوب الأنفية والرئتين.

وبسبب هابر، إنِّ ضعف حرب البروم فتح الطريق إلى الكلور الذي لا يرحم، والذي تتذكره كتب التاريخ اليوم. وسرعان ما خاف جنود العدو من grunkreuz القائم على الكلور أو «الصليب الأخضر»æÃblaukreuzæ¡«الصليب الأزرق»، أو المادة المروعة æÃ¡gelbkreuz «الصليب الأصفر» والمعروف باسم غاز الخردل. ولأنه لا يكتفي بإسهاماته العلمية، قاد هابر بحماسة أول هجوم ناجح بالغاز في التاريخ، والذي خلَّف خمسة آلاف فرنسيٍّ في حالة ذهول ما بين محترق ومشوَّه، في خندق موحل بالقرب من إيبر.

في وقت فراغه، صاغ هابر أيضًا قانونًا بيولوجيًّا بشعًا، وهو قاعدة هابر لتحديد العلاقة بين تركيز الغاز وقت

التعرض له ومعدل الوفيات، والتي تحتاج إلى كمية من البيانات المحبطة لإنتاجها.

لأنها كانت غير راضية عن نتائج مشاريعه على الغاز، واجهته كلارا فريتز في وقت مبكر، وطالبتْه بالتوقف. وكما جرت العادة لم يستمع فريتز لها على الإطلاق. في الواقع، على الرغم من أنه بكى عندما لقي زميل له مصرعه على أثر حادث في فرع الأبحاث التابع لمكتب هابر، إلا أنه بعد عودته من إيبر أقام حفل عشاء للاحتفال بأسلحته الجديدة! الأسوأ من ذلك، عرفت كلارا أنه عاد إلى المنزل ليلاً بعدما توقف في طريقه لتوجيه المزيد من الهجمات على الجبهة الشرقية.

تشاجر الزوجان بعنف، وفي نهاية تلك الليلة، نزلتْ كلارا إلى حديقة البيت حاملة مسدس فريتز الرسميَّ، وانتحرتْ بطلقة صوبتها لصدرها. رغم عدم وجود شك في

حزنه لما حدث، لم يدَع فريتز هذا الأمر يسبب له إزعاجًا. وبدون البقاء لإعداد ترتيبات الجنازة، غادر فريتز في صباحِ اليوم التالي؛ تمامًا كما هو مخطط له.

على الرغم من وجود ميزة لا تضاهى لهابر، فقد خسرتْ ألمانيا في نهاية المطاف الحربَ؛ ونُدِّد بها عالميًّا كدولة شريرة. كان رد الفعل الدوليُّ على هابر نفسه أكثر تعقيدًا. في عام 1919، قبل أن يستقر غبار (أو غاز) الحرب العالمية الأولى، فاز هابر 1918 بجائزة نوبل في الكيمياء (عُلِّقت جوائز نوبل جميعها خلال الحرب) لعمله على إنتاج الأمونيا من النيتروجين، على الرغم من أنَّ الأسمدة لم تحمِ الآلاف من الألمان من المجاعة أثناء الحرب. وبعد ذلك بعام، أتهم كمجرم حرب؛ لعمله على الحرب الكيميائية التي شوَّهت مئات الآلاف من الناس، وألقت الرعب في قلوب الملايين... التناقض الذي أضاع إرثه.

تطورت الأمور إلى الأسوأ، وأصبحتْ ألمانيا في حال من الإذلال بسبب التعويضات الضخمة التي توجب عليها دفعها لقوات الحلفاء. قضى هابر ست سنوات عقيمة في محاولة لاستخراج الذهب المُذاب من المحيطات؛ ليتمكن من دفع التعويضات بنفسه. مشاريع أخرى باءت بالفشل إلى جانب عدم جدوها، والشيء الوحيد اللافت للنظر الذي حصل عليه هابر خلال تلك السنوات (إلى جانب محاولة أن يبيع نفسه كمستشار حرب الغاز للاتحاد السوفياتي) كان مبيدًا للحشرات. اخترع هابر (زيكلون أ) قبل الحرب، وغيرت شركة للكيماويات الألمانية تركيبته بعد الحرب لإنتاج الجيل الثاني الفعال للغاز. في نهاية المطاف، حكم نظام جديد ذو ذاكرة قصيرة ألمانيا، وسرعان ما عزل النازيون هابر لجذوره اليهودية. توفي هابر في عام 1934 أثناء سفره إلى إنجلترا لطلب اللجوء. وفي الوقت نفسه، استمر العمل على مبيد

الحشرات. وخلال سنوات، ضرب النازيون اليهود بالغاز - بمن فيهم أقارب هابر - بواسطة الجيل الثاني من غاز زيكلون ب.

***

بالإضافة إلى كون هابر يهوديًّا، قامتْ ألمانيا بطرده لأنه أصبح عديم الفائدة؛ بالتوازي مع الاستثمار في حرب الغاز، بدأ الجيش الألمانيُّ استغلال جيوبٍ مختلفة من الجدول الدوريِّ خلال الحرب العالمية الأولى، وقرر في نهاية المطاف أنَّ ضرب المقاتلين الأعداء باثنين من المعادن - الموليبدينوم والتنغستن - أمرٌ أكثر منطقية من حرقهم بغاز الكلور أو البروم. ومرة أخرى، فتحت الحربُ الجدولَ الدوريَّ للعناصر الكيميائية البسيط والأساسيّ.
أصبح التنغستن «معدن» الحرب العالمية الثانية، ولكن من ناحية أخرى أصبحتْ قصة الموليبدينوم أكثر إثارة. تقريبًا، لا

أحد يعرف ذلك، ولكن المعركة الأشد قوة في الحرب العالمية الأولى لم تكن في سيبيريا أو ضد لورنس العرب على رمال الصحراء، ولكن في منجم الموليبدينوم في جبال روكي في ولاية كولورادو الأمريكية.

أصبحتْ أكثر الأسلحة الألمانية تخويفًا خلال الحرب بعد الغاز، مدافع بيرثيس الضخمة Big Berthas؛ وهي مجموعة من مدافع الحصار فائقة الثقل، تضعف الروح المعنوية للجنود كما فعلتْ بوحشية في خنادق فرنسا وبلجيكا. كان المدفع الأول يبلغ وزنه ثلاثة وأربعين ألف طن، وكان يُنقَل قطعًا بواسطة الجرارات إلى قاعدة الانطلاق، ويحتاج إلى مئتي رجل وست ساعات لتركيبه. وكان مردود ذلك هو القدرة على قذف 16 بوصة؛ قذيفة تزن 2200 باوند لتسعة أميال في غضون ثوانٍ معدودة. كان المدفع به عيب خطير؛ فهو يرمي عاليًا كتلة تزن طنًّا

واحدًا، وتستهلك كل البراميل من البارود، وتُخرِج كمية هائلة من الحرارة، والتي بدورها تحرق قاعدة المدفع الصلبة ذات العشرين قدمًا وتذيبها. بعد أيام قليلة من إطلاق النار الجهنمية اقتصر الألمان على عدد قليل من الطلقات للساعة الواحدة، كان المدفع يقذف نفسه إلى الجحيم!

بسبب رغبتها الصادقة في تقديم أسلحة للوطن، وجدتْ شركة التسلح كروب الشهيرة حلاًّ لتقوية الصُلب بتثبيته بمسامير من الموليبدينوم Molybdenum؛ لأنّ هذا العنصر يمكنه أنْ يتحمل الحرارة المفرطة؛ فهو ينصهر في درجة حرارة 4750 فهرنهايت؛ أي أكثر بآلاف درجات الحرارة من الحديد، المعدن الرئيس في الصلب. ÊÑÇÐ الموليبدينوم أكبر من ذرات الحديد، حيث تثار ببطء أكثر، ولديها 60 في المئة أكثر من الإلكترونات، لذا فهي تمتص المزيد من الحرارة وترتبط معًا بشكل أكثر إحكامًا. بالإضافة

إلى ذلك، الذرات في المواد الصلبة تعيد ترتيب نفسها بشكل عفويٍّ - وغالبًا بشكل كارثيٍّ - عندما تتغير درجات الحرارة (سنذكر المزيد في الفصل السادس عشر)، الأمر الذي ينتج في كثير من الأحيان في المعادن الهشة التي تتصدع وتضعف. تعزيز الصلب مع الموليبدينوم يلصق ذرات الحديد ويمنعها من الانزلاق. (الألمان لم يكونوا الأوائل في اكتشاف هذا، فقد قام صانع سيوف بارع في اليابان في القرن الرابع عشر برشِّ الموليبدينوم في الصلب الذي يعمل به، وأنتج أبرز سيوف السموراي في الجزيرة؛ تلك السيوف ذات النصول التي لا تتصدع أو تضعف، ولكن بوفاة ذاك اليابانيِّ مات سرُّ الصنعة، وفُقِد لمدة خمسمئة سنة الدليلُ على أنَّ التكنولوجيا المتفوقة لا تنتشر دائمًا، وغالبًا ما تنقرض).

بالعودة مرة أخرى إلى الخنادق، تألق الألمان سريعًا، وفاقوا الفرنسيين والبريطانيين مع الجيل الثاني من مدافع «صلب الموليبدينوم». لكن ألمانيا سرعان ما واجهتْ نكسةً أخرى في مدافع بيرثيس؛ إذ لم تكن لديها إمدادات كبيرة من الموليبدينوم، وكانت تخشى نفاد مخزونها سريعًا. في الواقع، كان المورد الوحيد المعروف شخصًا مفلسًا، ومنجمًا شبه مهجور في جبل بارتليت في ولاية كولورادو الأمريكية.

قبل الحرب العالمية الأولى، طالب أحد المحليين بملكية موقع بارتليت؛ على أثر اكتشافه عروق خام بدتْ له مثل الرصاص أو القصدير. كان هذان المعدنان يستحقان على الأقل بضعة سنتات للباوند الواحد، ولكن الموليبدينوم عديم الفائدة الذي وجده كان يكلِّف إدارة المنجم الكثير لاستخراجه، لذا باع حقوق التعدين إلى أوتيس كينج، وهو مصرفيٌّ نشيط ومغامر من ولاية نبراسكا يبلغ طوله خمس أقدام. اعتمد

كينج تقنية استخراج جديدة لم يكلف أحد نفسَه عناء ابتكارِها من قبل، وبسرعة استخرج 5800 باوند من الموليبدينوم النقيِّ - الذي كان سبباً في الحاق الأذى به - تجاوزتْ هذه الأطنان الثلاثة تقريبًا الطلب العالميَّ السنويَّ للموليبدينوم بنسبة 50 في المئة؛ وهو ما يعني أنَّ كينج لم يغمر السوق فحسب، بل أغرقه. وقد تمت الإشارة إلى تجربة كينج الجيدة، عندما ذكرته حكومة الولايات المتحدة في نشرة علم المعادن في عام 1915.

القليلون هم من لاحظوا النشرة، منهم شركة التعدين الدولية الضخمة ومقرها فرانكفورت، ألمانيا، ولها فرع في نيويورك، الولايات المتحدة. وفقًا لرواية معاصرة، كانت شركة ميتال جيزيل شافت Metallgesellschaft لديها مصاهر ومناجم ومصافٍ، وغيرها من «المجسّات» في جميع أنحاء العالم. وبمجرد أنْ قرأ مديرو الشركة الذين تربطهم علاقات

وثيقة مع فريتز هابر عن موليبدينوم كينج، أمروا رجلهم الأول في ولاية كولورادو، ماكس شوت، بالاستيلاء على جبل بارتليت.

شوت الذي وُصف بأنَّ له «نظرة عين حادة تخترق إلى حدّ التنويم المغناطيسيِّ» تقدَّم بدعاوى اعتداء إلى المحكمة بهدف وضع العراقيل، ومضايقة كينج، واستنزاف المنجم المتخبط بالفعل. والدعوى الأكثر عدائية كانت بتهديد زوجات عمال المناجم وأطفالهم، وتدمير مخيماتهم خلال فصل الشتاء الذي تنخفض فيه درجة الحرارة إلى عشرين تحت الصفر. استأجر كينج رجلاً أعرج اسمه آدمز المعروف بذو البندقيتين للحماية، ولكن عملاء الألمان تمكنوا من الوصول إلى كينج، وهاجموه بالسكاكين والمعاول على ممر جبليٍّ وألقوا به من على الجرف؛ ولولا منحدر ثلجيٌّ مستو أنقذه من الموت لقضى نحبه. كما كتبت ذلك

زوجة أحد عمال المنجم في مذكراتها الشخصية، فعل الألمان «كل شيء من أجل عرقلة عمل شركته». كان على عمال كينج الشجعان العمل مع المعدن الصامت الذي خاطروا بحياتهم من أجل استخراجه «الموليبدينوم المزعج».

كانت لدى كينج فكرة بسيطة عن دور الموليبدينوم في ألمانيا، لكنه كان الوحيد غير الألمانيِّ في أوروبا أو أمريكا الشمالية الذي يعرف هذا الأمر؛ على الأقل حتى استولى البريطانيون على أسلحة ألمانية في عام 1916، وقاموا بعمل هندسة عكسية عليها لمعرفة طبيعتها من خلال تذويبها، ومن ثم اكتشف الحلفاء «المعدن الرائع» wundermetall، لكن المشاكل استمرتْ في جبال روكي. لم تدخل الولايات المتحدة الحرب العالمية الأولى حتى عام 1917، لذا لم يكن لديها سبب خاص لرصد مكتب شركة ميتال جيزيل شافت Metallgesellschaft في نيويورك،

ولا سيما بالنظر إلى اسمها الوطنيِّ «المعادن الأمريكية».
كان المسؤول عن شركة المعادن الأمريكية هو ماكس شوت. وعندما بدأت الحكومة التحقيق حوالى العام 1918؛ ادعتْ شركة المعادن الأمريكية أنها تملك المنجم من الناحية القانونية منذ أنْ باعه أوتيس كينج على وجه السرعة إلى شوت بمبلغ تافه 40,000 دولار. واعترفت الشركة أيضًا أنَّ هذا كان لهدف شحن كل الموليبدينوم إلى ألمانيا. جمد البنك الفيدرالي الأمريكي بسرعة الأسهم الأمريكية لشركة ميتال جيزيل شافت وسيطر على جبل بارتليت. للأسف، جاءت تلك الجهود في وقت متأخر جدًّا لتعطيل مدافع بيرثيس الضخمة في ألمانيا. ففي وقت متأخر من عام 1918؛ استخدمتْ ألمانيا مدافع الموليبدينوم الصلب لقذف باريس بقذائف من مسافة مذهلة لمدى خمسة وسبعين ميلاً.

كان من الطبيعيِّ أنْ تفلس شركة شوت بعد الهدنة في مارس 1919، وعندما انتعشتْ أسعار الموليبدينوم عاد كينج إلى التعدين، وأصبح مليونيرًا من خلال إقناعه هنري فورد باستخدام الصلب الموليبدينوم في محركات السيارات. لكن أيام الموليبدينوم في الحرب انتهت. فمع نشوب الحرب العالمية الثانية، تم استبدال الموليبدينوم في إنتاج الصلب واستخدام عنصر تحته في الجدول الدوريّ؛ التنغستن. الآن، إذا كان الموليبدينوم واحدًا من أصعب العناصر تهجئة في الجدول الدوريِّ، فإنَّ التنغستن لديه واحد من الرموز الكيميائية الأكثر التباسًا، وهو حرف دبليو كبير غير مفسر. إنه يدل على ولفرام wolfram، اسم التنغستن باللغة الألمانية، وكلمة «ذئب» wolf لما ينذر به من دور مظلم سيقوم به في الحرب. طمعتْ ألمانيا النازية في التنغستن لصنع الآلات والقذائف المضادة للدروع، وتجاوزتْ الرغبة

في ولفرام حتى الرغبة في الذهب المنهوب؛ ممّا دفع المسؤولين النازيين لمقايضته مع التنغستن بكل ارتياح. لكن، ما هي الدولة التي شاركت النازيين تجاريًّا؟ لم تكن إيطاليا أو اليابان أو أيًّا من دول المحور الأخرى، ولا حتى أيّ دولة من البلدان التي احتلتها القوات الألمانية - مثل بولندا أو بلجيكا - بل كانت دولة من المفترض أنها محايدة؛ إنها البرتغال التي غذتْ شهية الذئب - مصانع الحرب الألمانية - من التنغستن.

كان البرتغال بلدًا غير معروف في ذلك الوقت، ولقد أقام الحلفاء قاعدةً جويةً حيوية في جزر الأزور؛ وهي مجموعة من الجُزر في المحيط الأطلسيِّ تتبع البرتغال. أيُّ شخص زار الدار البيضاء يعرف أنَّ اللاجئين والفارين إلى لشبونة، يمكنهم أن يطيروا منها إلى بريطانيا أو الولايات المتحدة بأمان.

ومع ذلك، وفَّر ديكتاتور البرتغال - أنطونيو سالازار، المتسامح مع المتعاطفين مع النازية في حكومته - ملاذًا لجواسيس المحور، حتى إنه شحن آلاف الأطنان من التنغستن لكلا الجانبين خلال الحرب. إثباتًا لجدارته؛ باعتباره أستاذًا سابقًا في الاقتصاد، رفع سالازار من أرباح بلده من احتكار المعدن تقريبًا (الذي مثل 90 في المئة من إمدادات أوروبا) إلى أرباح 1000 في المئة أكثر من مستويات المبيعات في زمن السلم. ربما يمكن الدفاع عن هذا باعتبار أنَّ للبرتغال علاقاتٍ تجارية وثيقة مع ألمانيا، وكذلك نظرًا إلى قلقه من الإفلاس في زمن الحرب. لكن سالازار بدأ يبيع التنغستن إلى ألمانيا بكميات ملحوظة في عام 1941؛ على ما يبدو بناءً على نظرية مفادها أنَّ وضعه المحايد يسمح له بابتزاز كلا الجانبين على حدٍّ سواء.

استفادت تجارة التنغستن من درس المولیبدینوم السابق، وأدركت ألمانيا الأهمية الاستراتيجية للتنغستن؛ فحاولتْ تخزين التنغستن قبل أنْ تبدأ بمحو الحدود بينها وبين بولندا وفرنسا. التنغستن واحد من أقوى المعادن المعروفة، وإضافته إلى الصلب المصنوع في رؤوس المثقب وشفرات المنشار يعتبر مثاليًا. بالإضافة إلى ذلك، الصواريخ صغيرة الحجم المغطاة بالتنغستن - تسمى أيضًا القذائف الثاقبة بالطاقة الحركية - تدمر الدبابات. السبب في أنَّ التنغستن أثبت تفوقًا على غيره من المواد المضافة للصلب يمكن قراءته في الجدول الدوريِّ. يقع التنغستن تحت المولیبدینوم، وله خصائص مماثلة؛ ولكن مع إلكترونات أكثر، وهو لا ينصهر حتى درجة حرارة 6200 فهرنهايت. بالإضافة إلى ذلك، إنّ ذرته أثقل من ذرة المولیبدینوم، وهو يوفر تثبيتًا

أفضل من ذرات الحديد التي تنزلق. تذكر أنَّ الكلور الرشيق عمل بشكل جيد في هجمات الغاز. وهنا في المعدن، صلابة التنغستن وقوته أثبتتا جاذبيته.

لقد كان جذابًا جدًّا؛ مما حدا بالنظام النازيِّ المسرف إلى القضاء على احتياطات التنغستن بأكملها عام 1941، إلى أن وجد الزعيم نفسه متورطًا عندما أمر هتلر وزراءه بانتزاع التنغستن بالقدر الذي تستطيع القطارات حمله في أنحاء فرنسا المحتلة. من المثير للمشاعر، أنه لم تكن هناك سوق سوداء لهذا المعدن الرماديِّ، والعملية برمتها كانت شفافة تمامًا؛ كما لاحظ أحد المؤرخين. تم شحن التنغستن من البرتغال من خلال الفاشيين في إسبانيا «المحايدين» الآخرين، والكثير من الذهب كان النازيون قد استولوا عليه من اليهود - بما في ذلك الذهب الذي اقتُلع من أسنان اليهود المحترقين بالغاز - ثم قاموا بعملية غسل أموال في

بنوك في لشبونة وسويسرا؛ البلد الذي لا يزال محايدًا بين الجانبين. (وعلى مدى خمسين عامًا، المصرف الرئيس في لشبونة المحتفظ بالذهب لم تكن لديه فكرة عن أنَّ الأطنان الأربعة والأربعين من الذهب كانت غير مشروعة؛ على الرغم من ختم الصلبان المعقوفة على العديد من سبائك الذهب).

حتى بريطانيا القوية لم تتزعج من التنغستن الذي قتل فتيانها. أشار رئيس الوزراء ونستون تشرشل بشكل خاص إلى تجارة البرتغال للتنغستن باعتبارها «سوء تصرف». وخوفًا من أنْ يُساء فهم تصريحه أضاف أنَّ سالازار «له الحق بالتجارة بالتنغستن مع أعداء بريطانيا المعلنين»، لكن هذا لم يمنع من أن يكون هناك معارضون. كل هذه الرأسمالية المجردة التي استفادتْ منها ألمانيا الاشتراكية سببتْ ضرباتٍ قوية للسوق الحرة للولايات المتحدة.

المسؤولون الأميركيون ببساطة لا يمكنهم فهم سبب عدم أمر بريطانيا - أو إجبارها - البرتغالَ بشكل صريح بالتخلي عن سياستها (حيادها المربح). فقط بعد ضغط الولايات المتحدة لفترة طويلة وافق تشرشل على التعامل مع سالازار القويِّ بعنف.

حتى ذلك الحين، لعب سالازار - إذا وضعنا جانبًا الجوانب الأخلاقية - مع دول المحور والحلفاء على حد سواء ببراعة؛ مع وعود غامضة، واتفاقات سرية، وتكتيكات مماطلة التي أبقتْ على أزيز قطارات التنغستن. رفع سعر سلعة بلاده من 1100 دولار للطن في عام 1940 إلى 20000 دولار في عام 1941 ÚÏæÃ¡ 170 مليون دولار في ثلاث سنوات محمومة من المضاربة. فقط بعد نفاد الأعذار فرض سالازار حظرًا كاملاً للتنغستن ضد النازيين في 7 يونيو 1944؛ بعد يوم واحد من إنزال النورمندي إلى

هذه المرحلة التي أصبح معها قادة الحلفاء قلقين جدًّا (وممتعضين) من عدم معاقبته. في رأيي، ينطبق عليه قول ريت بتلر في فيلم ذهب مع الريح: «إنَّ الثروات يمكن أن تُجمع فقط عند صعود أو انهيار الإمبراطوريات»، وسالازار بالتأكيد طبَّق هذه النظرية بحذافيرها في ما يسمى حرب ولفرام wolfram. كانت للدكتاتور البرتغاليِّ ضحكة الرجل الذئب الأخيرة.

كان التنغستن والموليبدينوم فقط الإرهاصات الأولى لثورة معادن حقيقية ستحدث في وقت لاحق في القرن العشرين. إنَّ كل أربعة عناصر ثلاث منها معادن. ولكنها باستثناء الحديد والألمنيوم وعدد آخر قليل، لم تفعل شيئًا قبل الحرب العالمية الثانية أكثر من حفر فجوات في الجدول الدوريِّ. (في الواقع، لم يكن من الممكن كتابة هذا الكتاب منذ أربعين عامًا، فليس هناك ما يكفي لكي يُقال). ولكن، منذ عام

1950 تقريبًا وجد كل معدن مكانه. الجادولينيوم مثاليٌّ لجهاز التصوير بالرنين المغناطيسيِّ (MRI). والنيوديميوم يجعل الليزر قويًّا بشكل لم يسبق له مثيل. والسكانديوم يُستخدَم الآن كمادة مضافة شبيهة بالتنغستن في مضارب البيسبول الألومنيوم وإطارات الدراجة، كما ساعد الاتحاد السوفياتي في صنع مروحيات خفيفة الوزن في الثمانينيات من القرن العشرين، ويزعم أنه كان يغطي رؤوس الصواريخ النووية العابرة للقارات المخزَّنة تحت الأرض في القطب الشماليِّ؛ لمساعدتها في اختراق الطبقة الجليدية.

للأسف، مع كل التطورات التكنولوجية التي حدثتْ خلال ثورة المعادن، واصلتْ بعض العناصر التحريض على الحروب؛ ليس في الماضي البعيد، ولكن حتى في العقد الماضي. اختير اثنان من هذه العناصر ليحملا اسمَي شخصيتين يونانيتين أسطوريتين معروفتين في التاريخ بمآسٍ

كبيرة؛ الأولى نيوبي التي غضبتْ عليها الآلهة بسبب مفاخرتها ببناتها السبع الجميلات وأبنائها السبعة الوسماء، وأهانت الآلهةَ التي قتلت أبناءها جميعًا عقابًا لها على وقاحتها. والثاني: تانتالوس، والد نيوبي الذي قتل ابنه وقدمه على مأدبة ملكية، وعقابًا له على عمله، يقف تانتالوس إلى الأبد في النهر حيث يصل الماء حتى رقبته، وغصن من التفاح يتدلى فوق أنفه، وكلما حاول أن يأكل أو يشرب تختفي الثمرة بعيدًا عن قبضته أو تنحسر المياه. ولأنَّ المراوغة والحرمان عذَّبا تانتالوس ونيوبي، ففي الواقع الإفراط في انتاج العنصرين اللذين يحملان اسميهما كان نذير سوء لوسط أفريقيا.

اليوم، تستطيع أنْ تحمل في جيبك التنتالوم أو النيوبيوم! مثل جيرانهما في الجدول الدوريّ، كلاهما كثيفان ومقاومان للحرارة، كما أنهما معدنان لا يصدآن، ويتحملان العبء،

إلى غيرها من الصفات التي تجعلهما ملائمين للهواتف المحمولة الخليوية. في منتصف التسعينيات من القرن العشرين بدأ مصممو الهواتف الخليوية يطالبون بكلا المعدنين؛ خصوصًا التنتالوم.

من أكبر مصادر التنتالوم في العالم جمهورية الكونغو الديمقراطية التي سميتْ زائير لاحقًا. تقع الكونغو بجانب رواندا في وسط أفريقيا، ومعظمنا يتذكر مجزرة رواندا في منتصف التسعينيات، ولكن لا أحد منا على الأرجح يتذكر ذلك اليوم من عام 1996 عندما هربت الحكومة الرواندية المخلوعة من عرقية الهوتو إلى الكونغو بحثًا عن ملجأ. في ذلك الوقت، بدا أنَّ الأمر مجرد تمديد للصراع الروانديِّ على بُعد بضعة أميال غربًا. ولكن العودة إلى الماضي تبيِّن أنَّ النار نشبتْ بعد تراكم عقود من التأجيج العنصريِّ. في نهاية

المطاف، تسع دول ومائتا قبيلة عرقية، كلها مع تحالفاتها وأحقادها، دخلت في حرب وسط الغابات الكثيفة.

ومع ذلك، لو كانت الجيوش النظامية فقط هي التي شاركتْ لكان الصراع في الكونغو قد انتهى في أمد قصير؛ لأنَّ الكونغو أكبر من ألاسكا، وكثافة سكانها أكثر من البرازيل، وطرقها وعرة أكثر، وهذا يعني أنها ليست مكانًا مثاليًّا لحرب طويلة الأمد. بالإضافة إلى ذلك، لا يمكن للقرويين الفقراء الانتقال والقتال طويلاً ما لم يكن هناك مال متوفر، ولكن دخول التنتالوم والنيوبيوم والتكنولوجيا الخلوية أطال فترة الحرب.

وأنا هنا لا ألقي بكل اللوم على الهواتف الخليوية؛ فهي لم تسبب الحرب، بل إن الكراهية والأحقاد هي التي فعلتْ ذلك. ولكن فقط كما هو واضح، ضخُّ النقد يديم القتالَ. الكونغو لديها 60 في المئة من إمدادات العالم من هذيْن

المعدنيْن اللذيْن يمتزجان معًا في الأرض في معدن يسمى كولتان. عندما انتشرت الهواتف الخليوية - ارتفع سعر البيع من الصفر تقريبًا في عام 1991 إلى أكثر من مليار بحلول عام 2001 - أثبت جوع الغرب قوةً كقوة تانتالوس، وقفز سعر الكولتان إلى عشرة أضعاف. الدول التي تشتري خام صناعة الهواتف الخلوية لا تسأل ولا تهتم من أين جاء الكولتان، ولم تكن لدى عمال المناجم الكونغوليين أدنى فكرة عن فائدة المعدن واستخداماته. كل ما يعلمونه أنَّ أناسًا من البيض يدفعون من أجله، وأنهم يستخدمون الأرباح لدعم الميليشيات التي ينتمون إليها.

الغريب أنَّ التنتالوم والنيوبيوم أثبتا أنهما سيئان بالمقارنة بالكولتان الذي كان ديمقراطيًّا جدًّا. وعلى خلاف الفترة التي أدار فيها البلجيكيون المحتالون مناجم الماس والذهب في الكونغو، لم تسيطر أيٌّ تكتلات على الكولتان، ولم يحتَج

الأمر إلى جرافاتٍ وشاحنات تفريغ للتنقيب عنه؛ فأيُّ شخص عاديٍّ ذي ظهر متين ومعه مجرفة يمكنه أنْ يستخرج أرطالاً كاملة منه من حوض النهر (يبدو مثل الوحل). في ساعات فقط يمكن أنْ يكسب المزارع عشرين ضعفًا لما يحصِّله جارُه من العمل في الحقل طوال العام، وكلما تضخمت الأرباح تخلّى الرجال عن مزارعهم للتنقيب؛ وهذا سبَّب الكارثة في الكونجو التي تعاني أصلاً من نقص في الإمدادات الغذائية، وبدأ الناس بصيد الغوريلا بحثًا عن اللحوم. وفي الواقع، قضوا على أعداد كبيرة منها؛ كما لو كانت جواميس كثيرة. لكن موت الغوريلا لم يكن الحدث الأهم بالمقارنة مع فظائع الإنسان. لا يكون الأمر جيدًا عندما يصب المال في بلد بلا حكومة؛ إذ تكون النتيجة شكلاً وحشيًّا من سيطرة الرأسمالية على كل شيء؛ بما في ذلك الحياة التي صارت للبيع! نشأت «معسكرات» ضخمة

مسيَّجة للبغايا المستعبدات، وخيرات لا تعُد ولا تُحصى وُضِعت لتمويل عمليات القتل الدموية. وقد تم تناقل روايات مروعة عن المنتصرين الفخورين الذين ذلوا ضحاياهم بالرقص في الاحتفال وهم ملتحفون بأشلائهم!

وصلت النيران إلى ذروتها في الكونغو بين عامي 1998æ2001؛ في الوقت الذي أدرك فيه صناع الهواتف الخلوية أنهم يمولون الفوضى. واعترافًا بموقفهم، شرعوا في شراء التنتالوم والنيوبيوم من أستراليا؛ على الرغم من أنه أكثر تكلفة. هدأت الأمور بالكونغو إلى حدٍّ ما. ومع ذلك، على الرغم من الهدنة الرسمية لإنهاء الحرب في عام 2003، فإنَّ الأمور لم تهدأ نهائيًّا في النصف الشرقيِّ من البلاد؛ بالقرب من رواندا.

ثمة عنصر آخر في الآونة الأخيرة - هو القصدير - بدأ بتمويل القتال. في عام 2006، حظرَ الاتحادُ الأوروبيٌّ

لحامَ الرصاص في السلع الاستهلاكية، ومعظم الشركات المصنعة استبدلته بالقصدير؛ المعدن الذي يوجد بكميات كبيرة بالكونغو. جوزيف كونراد [51] وصف الكونغو بقوله: «أشنع تدافُع على الغنائم شوَّه تاريخ الضمير الإنسانيّ». وهناك سبب وجيه لمراجعة هذه الفكرة اليوم.

وعمومًا، قُتل أكثر من خمسة ملايين شخص في الكونغو منذ منتصف التسعينيات؛ مما يجعلها أكبر مضيعة للحياة منذ الحرب العالمية الثانية. القتال هناك دليلٌ على أنه بالإضافة إلى كل فترات الرقيِّ البشريِّ الذي ألهم بها الجدولُ الدوريُّ، فبإمكانه أيضًا أنْ يلعب دورًا أسوأ في الغرائز الشريرة لدى الإنسان.

الفصل السادس:

استكمال الجدول... مع دَوِيّ

Co 27 58.993 | Pu 94 (244) | Pm 61 145.0

زرع المستعرُ الأعظمُ نظامَنا الشمسيَّ بكل العناصر الطبيعيَّة. وكان ميلادُ الكواكب الصغيرة المنصهرة سببًا في مزج العناصر جيدًا في التربة الصخرية. ولكن تلك العمليات وحدها لا يمكنها أنْ تخبرنا بكل شيء عن توزيع العناصر على سطح الأرض؛ حيث إنَّ عناصر المستعر الأعظم بأنواعها قد انقرضتْ لأنَّ مراكزها - النوى - كانت هشة للغاية لتضمن لها البقاء في الطبيعة. عدم الاستقرار هذا حيَّر العلماءَ، وأدى إلى إحداث فجوات - حتى وقت مندليف

- غير قابلة للتعليل في الجدول الدوريِّ. ولم يستطع العلماء ملأَها رغم محاولاتهم الكثيرة. في نهاية المطاف، ملأوا الجدول؛ ولكن بعد تطوير حقول جديدة سمحتْ لهم بتكوين عناصر جديدة. وبعدها، أدركوا أنَّ هشاشة بعض العناصر تُخفي خطرَها المُشرق البراق. إنّ تكوين الذرات وانشطارها يثبتان أنَّ بينها ارتباطًا وثيقًا أكبر من كل التوقُّعات.

تعود جذور هذه القصة إلى قبل الحرب العالمية الأولى في جامعة مانشستر في إنجلترا؛ حيث قامت الجامعة باستقطاب بعض العلماء الأذكياء، بمن في ذلك مدير مختبر الجامعة إرنست روذرفورد، وهنري موزلي الطالب الذي توقع له الجميع مستقبلاً مرموقًا. كان والد موزلي عالِمًا في الطبيعة، كما كان محطَّ إعجاب العالِم تشارلز داروين، إلاّ أنَّ موزلي فضَّل الاتجاه إلى العلوم الفيزيائية. كانتْ علاقته بمختبره تشبه رجلاً ملازمًا لفِراش الموت؛ حيث كان

يمكث فيه لمدة خمس عشرة ساعة يوميًّا؛ كما لو كان لا يملك الوقت الكافي لإنهاء كل ما يريد فعله، ولا يقتات إلا على سلطة الفواكه والجبن فقط. ومثل الكثير من الأشخاص الموهوبين، كان موزلي أيضًا مزعجًا ومتزمتًا ويصعب التعامل معه. وقد أعرب عن اشمئزازه بشكل فجٍّ من الأجانب في مانشستر، ووصفهم «بالقذارة المعطَّرة».

ولكن موهبة موزلي الشاب كانتْ تعفيه في كثير من الأحيان من مثل هذه التصرفات. صبَّ موزلي جُلَّ اهتمامه على دراسة العناصر من خلال قذفها بحِزَم الإلكترون؛ على الرغم من اعتراض روذرفورد على هذا العمل باعتباره مضيعة للوقت. ثم تعاوَن مع حفيد داروين - وهو فيزيائيٌّ أيضًا - وأصبح شريكًا له في عام 1913، وبدأ في بحث منهجيٍّ عن كل عنصر مكتشَف وصولاً إلى عنصر الذهب. كما نعلم اليوم، عندما تضرب حِزَم من الإلكترونات ذرَّةً ما،

فإنَّ الحزم تضرب إلكترونات الذرة نفسها مخلِّفة ثقبًا. تتجذب الإلكترونات إلى نواة الذرة لأنّ الإلكترونات والبروتونات بشحنات متعاكسة، ويعتبر انتزاع الإلكترونات بعيدًا من النواة فعلٌ عنيفٌ، ولأنَّ الطبيعة تمقت الفراغ، تسرع إلكترونات أخرى لملء هذا الفراغ، وهذا التدافع يتسبب في إطلاق أشعة سينية بطاقة عالية. والمثير أنَّ موزلي وجَد علاقةً رياضيةً بين الطول الموجيِّ للأشعة السينية وعدد البروتونات في نواة العنصر والعدد الذريِّ للعنصر (موقعه في الجدول الدوريِّ).

إلى أنْ نشَر مندليف جدوله المشهور في عام 1869؛ كان قد خضع لعدد من التغييرات. كان مندليف قد وضع جدوله الأول في أعمدة رأسية فقط، حتى تبينت له إمكانية وضعه في صفوف أفقية أيضًا تتعامد مع الأعمدة بزاوية 90 درجة. وعلى مدى الأربعين عامًا التالية استمر

الكيميائيون بالتعديل على الجدول الدوريِّ، وأضافوا أعمدةً، وأعادوا توزيع العناصر. في الوقت نفسه، بدأتْ أوجه النقص في الجدول تثير شكوك الناس في أنهم فهموا الجدول حقًّا. معظم العناصر تصطف في الجدول متجمعة على أساس زيادة الوزن. ووفقًا لهذا المعيار، يجب أنْ يسبق النيكل الكوبالت؛ لذا، ومن أجل وضع العناصر بتناسب صحيح - يقع الكوبالت فوق العناصر المشابهة للكوبالت، والنيكل فوق مثل العناصر المشابهة للنيكل - كان على الكيميائيين تبديل أماكنها. لم يكن أحد يعرف لماذا كان ذلك ضروريًّا؛ حيث كانت حالة واحدة من العديد من الحالات المزعجة! للالتفاف حول هذه المشكلة، ابتكر العلماءُ العددَ الذريَّ كرمز بديل، الذي أكد أن لا أحدَ يعرف ما الذي يعنيه العدد الذريُّ في الواقع؟!

موزلي، ابن الخامسة والعشرين، حلَّ اللغز عن طريق نقل السؤال الكيميائيِّ إلى الفيزياء. الأمر المهم هو أنْ تُدرِك أنه في ذلك الوقت كان القليل من العلماء يعتقدون بوجود النواة الذرية. طرح روذرفورد فكرة الشحنة الموجبة القوية والمركَّزة للذرة قبل سنتين فقط، وظلت إلى عام 1913 غير مؤكدة وغير واضحة للعلماء لقبولها. فقدَّم عمل موزلي أول دليل، قال نيلز بور، تلميذ آخر لروذرفورد: «نحن لم نفهم حينها؛ لأنَّ [عمل روذرفورد] لم يؤخذ على محمل الجد... وجاء التغيير الكبير من موزلي». ذلك لأنّ موزلي ربَط مكان العنصر في الجدول بالخصائص الفيزيائية، وساوى شحنة النواة الإيجابية مع العدد الذريِّ. وفعل ذلك بتجربة يمكن لأيِّ شخص أنْ يكررها؛ مما أثبت أنَّ ترتيب العناصر ليس اعتباطيًّا، ولكنه نشأ من الفهم الصحيح للتشريح الذريِّ.

أصبحت الحالات الغريبة مثل الكوبالت والنيكل فجأة ذات

معنى؛ حيث إنَّ النيكل أخفُّ وزنًا، وعدد البروتونات لديه أكثر؛ وبالتالي، فهو ذو شحنة موجبة أعلى، ويجب أنْ يأتي بعد الكوبالت. إذا كان مندليف وغيره قد اكتشفوا مكعب روبيك[52] للعناصر، فإنَّ موزلي قد رتَّب مربعات ذلك المكعب. وبعد عمل موزلي لم تعد هناك حاجة إلى المزيد من التفسيرات الملفقة.

وعلاوة على ذلك - كما فعل اختراع المطياف من قبل - ساعد سلاح إلكترونات موزلي في ترتيب الجدول عن طريق فرز المجموعة المحيرة من أنواع العناصر المشعة، ودحض الادعاءات المزيفة عن العناصر الجديدة. أشار موزلي أيضًا إلى الفجوات المتبقية في الجدول؛ ثلاثة وأربعين، واحد وستين، اثنين وسبعين، خمسة وسبعين. (العناصر الأكثر ثقلاً من الذهب أيضًا كانت مكلفة جدًّا للحصول على عينات منها لهذه التجربة في عام 1913؛

ولو كان موزلي قادرًا، لاستطاع تحديد الفجوات الخمسة والثمانين، والسبعة والثمانين، والواحد والتسعين أيضًا).

للأسف، كان الكيميائيون والفيزيائيون في ذلك العصر لا يثقون ببعضهم بعضًا، وشكك بعض الكيميائيين البارزين في أنَّ موزلي توصَّل إلى شيء كبير كما يزعم! على سبيل المثال، جورج أوربان من فرنسا، تحدى هذا الناشط عندما أحضر له مزيجًا من عناصر أرضية نادرة وغامضة شبيهة بعناصر يوتربي. كان أوربان قد جاهد عشرين عامًا لتعلُّم كيمياء العناصر الأرضية النادرة، واستغرق الأمر عدة أشهر مجهدة ومضجرة لتحديد العناصر الأربعة في عينته، لذلك كان يتوقع أنْ يحبط موزلي فضلاً عن إشعاره بالحرج. بعد لقاء موزلي وأوربان الأول، عاد موزلي إلى أوربان في غضون ساعة وهو يحمل لائحة كاملة وصحيحة [53] من

العناصر الأرضية النادرة التي أحبطتْ الجميع حتى مندليف، وأصبح فرزها الآن سهلاً!

ولكن، تم فرزها من قِبل أشخاص آخرين غير موزلي. على الرغم من أنه رائد العلوم النووية، وكما عاقبت الآلهة بروميثيوس[54] الشاب الذي أضاء بعمله الظلام للأجيال التالية، عندما اندلعت الحرب العالمية الأولى، جُنِّد موزلي في جيش الملك وشهد المعارك في حملة غاليبولي المنكوبة عام 1915 (وكان ذلك مخالفًا لرأي الجيش). في أحد الأيام، اقتحم الجيش التركيُّ خطوط البريطانيين بعمق ثماني كتائب، وتطورت المعركة إلى حرب شوارع بالسكاكين والحجارة والأسنان. ووسط هذا التشابكِ الوحشيِّ، سقط موزلي ابن السابعة والعشرين قتيلاً [55]. الحرب العبثية تلك عبَّر عنها بإبداع الشعراء الإنكليز الذين قُتلوا في ما بعد في ساحة المعركة أيضًا. وقال أحد زملاء موزلي: إنَّ فقدان

هنري موزلي في حدّ ذاته «مثل أكبر الجرائم البشعة التي لا يمكن إصلاحها في التاريخ!»[56].

كان أفضل تقدير يمكن للعلماء أنْ يقدموه لموزلي هو البحث عن جميع العناصر المفقودة التي أشار إليها. في الواقع، ألهَمَ موزلي الباحثين عن العناصر الذين أصبحت لديهم فجأة فكرة واضحة عمّا يجب البحث عنه. رحلات الاكتشاف عن العناصر انتشرت انتشارًا كبيرًا، وسرعان ما نشب جدالٌ حوْل من له الفضل في اصطياد أول هافنيوم، بروتكتينيوم، تكنيتيوم. مجموعات بحثية أخرى ملأت الفجوتين في العنصرين خمسة وثمانين، وسبعة وثمانين في أواخر الثلاثينيات من القرن العشرين، من خلال تكوين هذان العنصران في المختبر. وبحلول عام 1940 ظل عنصر طبيعيٌّ واحد فقط كإنجاز أخير غير مكتشفٍ، وهو العنصر واحد وستون.

وبشكل غريب، على الرغم من ذلك، كلّف عدد قليل من الفرق البحثية في جميع أنحاء العالم أنفسهم عناء البحث عن ذلك. حاول فريق واحد بقيادة الفيزيائي الإيطاليّ إميليو سيغري[57] تكوين نموذج مصطنع، ونجح تقريبًا في عام 1942، لكنه تخلّى عن محاولة عزله بعد عدة محاولات. ولم يتسنَّ الحصولُ عليه إلاّ بعد سبع سنوات؛ عندما وقف ثلاثة علماء من مختبر أوك ريدج الوطنيّ في ولاية تينيسي في اجتماع علميٍّ في فيلادلفيا، وأعلنوا أنهم بعد غربلة بعض اليورانيوم الخام المستنفد اكتشفوا العنصر الواحد والستين. وتم ملء الفجوة الأخيرة في الجدول الدوريِّ بعد بضع مئات من السنين في تاريخ الكيمياء.

إلاّ أنَّ هذا الإعلان لم يحظَ بالكثير من الدعاية والاهتمام؛ فقد أعلن الثلاثيُّ أنهم قد اكتشفوا العنصر واحد وستين قبل سنتين، ولكنهم لم يعلنوا النتائج لأنهم كانوا

مشغولين جدًّا بعملهم الأصليِّ على اليورانيوم. في المقابل، غطت الصحافة هذا الخبر بتغطية فاترة. صحيفة نيويورك تايمز شاركتْ هذه الحلقة المفقودة تحت عنوان مزدحم عن تقنية التعدين المشكوك في صحتها التي تبشِّر بمائة سنة من النفط دون انقطاع. مجلة تايم تجاهلت العنصر، بل وازدرته بوصفه: «ليس جيدًا جدًّا»[58]، ثم أعلن العلماءُ أنهم خططوا لتسميته البروميثيوم. أُعطِيت العناصرُ التي اكتُشِفتْ في وقت سابق من القرن أسماءً رنانةً، أو على الأقل أسماء توضيحية، ولكن البروميثيوم جاء من (تيتان) في الأساطير اليونانية الذي سرق النار وأعطاها لبني البشر، وتعرَّض للتعذيب من نسر أكل كبده. أثار الاسم شيئًا ما صارمًا وقاتمًا، بل حتى مُشعِرًا بالذنب.

إذًا، ماذا حدث في الفترة الممتدة بين موزلي واكتشاف العنصر الواحد وستين؟ لماذا ذهب الباحثون عن العناصر

إلى أنَّ عمله مهم جدًّا؛ مما دعا أحدَ زملائه إلى وصف موت موزلي «بالجريمة التي لا يمكن إصلاحها» لعملٍ بالكاد يستحق بضعة أسطر في مقال قصير؟! بالتأكيد، كان البروميثيوم غير مُجدٍ، ولكن العلماء - وجميع الناس - يبتهجون بالاكتشافات النظرية، كان إكمال الجدول الدوريِّ يُعتبر تطورًا عصريًّا، وتتويجًا لملايين الساعات من العمل. ولم يكن الناس يملون من البحث عن العناصر الجديدة؛ هذا السعي الذي سبب سجالاً بين العلماء الأميركيين والسوفييت خلال معظم فترة الحرب الباردة. بدلاً من ذلك، تغيرتْ طبيعة العلوم النووية وضخامتها، والعناصر المتوسطة مثل البروميثيوم لم تكن تجذب الانتباه مثل العناصر الثقيلة: كالبلوتونيوم واليورانيوم على سبيل المثال، ناهيك عن طفلتهما الشهيرة؛ القنبلة الذرية.

في صباح أحد الأيام من عام 1939، كان فيزيائيٌّ شاب من جامعة كاليفورنيا في بيركلي يجلس على كرسيِّ الحلاّق الذي يعمل بالضغط الهوائيِّ في نادي الطلبة، ويقلب الصحيفةَ ويبحث عن أهم الموضوعات فربما يجد مقالاً عن المجرم هتلر، أو عمّا إذا كان فريق يانكيز سيفوز للمرة الرابعة على التوالي في بطولة العالم! بغض النظر عن ذلك، كان لويس ألفاريز (كان لا يزال مغمورًا قبل نظريته عن انقراض الديناصور) يتحدث ويتصفح صحيفة سان فرانسيسكو كرونيكل، عندما لفت انتباهه خبرٌ منقولٌ عن تجارب قام بها أوتو هان في ألمانيا عن الانشطار النوويِّ؛ انشطار ذرة اليورانيوم. طلب ألفاريز بلطف من الحلاق التوقُّف عن العمل «قبل أنْ ينهي قصّ شعره» وخلع الرداء، وانطلق في الطريق إلى مختبره وهو يعدو؛ حيث أخذ عداد غايغر ووجَّهه مباشرةً إلى القليل من اليورانيوم المشع. كان

شعرُه لا يزال نصف محلوق، استدعى الجميع حوله وهو يهتف طالبًا منهم أن يأتوا ويروا ما اكتشفه هان.

علاوة على كونها علومًا مسلية، فقد اندفع ألفاريز إلى العلوم النووية في ذلك الوقت. كان العلماء بطيئين في فهم كيفية عمل نوى الذرات، إلاّ من شذرات قليلة من المعرفة هنا وهناك. والآن، بهذا الاكتشاف، وجدوا أنفسهم في فرحة غامرة.

أعطى موزلي العلمَ الذريَّ والنوويَّ أساسًا صحيحًا، وفي العشرينيات من القرن العشرين دخل العديد من الموهوبين في هذه المجالات. ومع ذلك، أثبتت الفوائد أنها كانت أكثر صعوبة مما كان متوقعًا. كان جزء من الغموض - وبشكل غير مباشر - خطأ وقع فيه موزلي؛ حيث أثبت عمله أنَّ النظائر - مثل الرصاص 204 والرصاص 206 - يمكن أن تكون لها الشحنة الموجبة الصافية نفسها، ومع ذلك لها

أوزان ذرية مختلفة. في العالم الذي يعرف فقط البروتونات والإلكترونات، أدخل هذا الأمرُ العلماءَ في متاهة من الأفكار غير العملية حول البروتونات الموجبة في النواة التي تلتَهِمُ الإلكترونات السالبة بنموذج باك مان [59]. وبالإضافة إلى ذلك، ولفهم كيفية تصرّف الجسيمات دون الذرية، كان على العلماء تصميم أداة رياضية جديدة كاملة في ميكانيكا الكم، واستغرق هذا الأمرُ سنواتٍ لمعرفة كيفية تطبيقها حتى على ذرات الهيدروجين المعزولة البسيطة.

وفي الوقت نفسه، كان العلماء أيضًا يطوِّرون حقلاً جديدًا ذا صلة بالنشاط الإشعاعيِّ؛ وهو دراسة كيفية تفكك النوى. أيُّ ذرة كبيرة يمكن أنْ تشارِك أو تكتسب إلكترونات، ولكن العلماء النجوم مثل ماري كوري وإرنست روذرفورد أدركوا أنَّ بعض العناصر النادرة يمكن أن تغيِّر النواة أيضًا من خلال تفجير الشظايا الذرية. ساعد روذرفورد خصوصًا

في تصنيف جميع الشظايا في عدد قليل من الأنواع الشائعة التي سماها باستخدام الأبجدية اليونانية، واصفًا إياها بتحلل ألفا، بيتا، غاما. انحلال غاما هو الانحلال الأبسط والأسوأ، ويحدث عندما تطلق النواة الأشعة السينية المركزة، ويُعد اليوم من الكوابيس النووية. الأنواع الأخرى من النشاط الإشعاعيِّ تشمل التحويل من عنصر إلى آخر؛ وهي العملية المثيرة في العشرينيات من القرن العشرين، ولكن كل عنصر يشع بطريقة مميزة، وبالتالي، إنَّ المميزات العميقة لتحلل ألفا وبيتا حيرت العلماء الذين تزايَد إحباطهم حول طبيعة النظائر أيضًا. نموذج باك مان كان فاشلاً، واقترح البعضُ ممن يتصفون بالجرأة أنَّ الطريقة الوحيدة للتعامل مع انتشار النظائر الجديدة هي إلغاء الجدول الدوريِّ!

الغالبية العظمى لم تكترث. اللحظة الأكيدة حدثت عام 1932 عندما اكتشف جيمس شادويك - طالب نجيب آخر

أيضًا من طلاب روذرفورد - النيوترون المحايد، وهو ما يضيف وزنًا بدون شحنة. كان متفقًا مع رؤية موزلي حول العدد الذريِّ؛ الذرات (على الأقل الذرات المعزولة الوحيدة) أصبحتْ فجأة ذات معنى. النيوترون يعني أنَّ نظائر الرصاص 204 والرصاص 206 هما عنصر الرصاص نفسه - يمكن أن يكونا بالشحنة النووية الموجبة نفسها، ويقعا في الموقع نفسه على الجدول الدوريِّ؛ حتى إنْ كانت لهما أوزان ذرية مختلفة. طبيعة النشاط الإشعاعيِّ أصبحتْ فجأة ذات معنى أيضًا. وفُهم تحلُّل بيتا على أنه تحويل من النيوترونات إلى بروتونات أو العكس، وذلك لأنّ عدد البروتونات التي غيَّرت تحلُّل بيتا يحوِّل الذرة إلى عنصر مختلف. تحلُّل ألفا أيضًا غيَّر العناصر على مستوى النواة على نحو أكثر إثارة؛ حيث يزيل اثنيْن من النيوترونات، واثنيْن من البروتونات.

على مدى السنوات القليلة التالية، أصبح النيوترون أكثر من مجرد أداة نظرية؛ لسبب واحد، وهو أنه أتاح وسيلة رائعة للبحث في الأجزاء الداخلية الذرية؛ لأنَّ العلماء يمكنهم قذف النيوترونات في الذرات دون حدوث تنافر كهربائيٍّ؛ مثل المقذوفات المشحونة. كما ساعدت النيوترونات أيضًا العلماءَ على استخراج نوع جديد من النشاط الإشعاعيِّ. العناصر - ولا سيما الأخف وزنًا - تحاول الحفاظ بصعوبة على نسبة واحد إلى واحد من النيوترونات إلى البروتونات. إذا كانت الذرة تحتوي عددًا كبيرًا جدًّا من النيوترونات، فإنها تنقسم بنفسها، وتُطلق الطاقة والنيوترونات الزائدة في العملية. إذا امتصت الذرات القريبة تلك النيوترونات فإنها تصبح غير مستقرة، وينتج منها عددٌ أكبر من النيوترونات؛ وهو التتابع المعروف باسم التفاعل التسلسليِّ chain reaction. حلمَ فيزيائيٌّ - يُدعى ليو زيلارد - بفكرة

التفاعل التسلسليِّ النوويِّ حوالى العام 1933 بينما كان واقفًا تحت أحد مصابيح لندن قبل شروق شمس أحد الأيام، وحصل على براءة اختراعه في عام 1934، وحاول - ولكنه فشل - في إنتاج سلسلة من التفاعل التسلسليِّ في عدد قليل من العناصر الخفيفة في وقت مبكر من عام 1936.

ولكن، لاحِظ التواريخ هنا! لقد أصبحت الأساسيات مثل الإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات مفهومة الآن، والنظام السياسيُّ القديم في العالم تفكّك، وفي اللحظة التي كان ألفاريز فيها يقرأ عن انشطار اليورانيوم عند الحلاق، كانت أوروبا قد هلكتْ!

توفي العالم القديم المهذب الباحث عن العناصر، وفي الوقت نفسه بدأ العلماء مع نموذجهم الجديد من المكونات الذرية يرون أنَّ بعض العناصر غير المكتشفة في الجدول

الدوري كانت غير مكتشفة؛ لأنها كانت غير مستقرة في جوهرها. حتى لو كانت موجودة في وفرة على الأرض في وقت مبكر، فقد كانت بحاجة إلى فترة طويلة لتتفكك. هذا ملائم لتفسير الفجوات الموجودة في الجدول الدوريِّ، ولكن أثبت العمل فشله. تتبُّع العناصر غير المستقرة سرعان ما قاد العلماء إلى التعثر في الانشطار النوويِّ والتفاعل التسلسليِّ للنيوترون. وبمجرد أنْ فهموا أنَّ الذرات يمكن أن تنقسم - وأدركوا جميع الآثار العلمية والسياسية على حدٍّ سواء المترتبة على هذه الحقيقة - أصبح جمع العناصر الجديدة وكأنه هواية لأحد الهواة؛ مثل علم الأحياء القديم في القرن السابع عشر مقارنة مع علم الجزيئيات الحيوية اليوم. ولهذا السبب، مع نشوب الحرب العالمية وإمكانية التلويح بالقنابل الذرية في عام 1939، لم ينزعج أحد من العلماء من تتبع البروميثيوم حتى بعد عقد من الزمن.

بغض النظر عن مدى أهتمام العلماء حول إمكانية قنابل الانشطار، فقد كان هناك مع ذلك الكثير من الانفصال بين النظرية والواقع. إنه من الصعب أنْ نتذكر اليوم، ولكن القنابل النووية كانت تعتبر مراهنة خطرة على أحسن الأحوال، وخاصة من قِبل الخبراء العسكريين. كالعادة، كانت تلك القيادات العسكرية حريصة على ضم بعض العلماء في الحرب العالمية الثانية، وأولئك العلماء بدورهم قاموا بإخلاص بزيادة بشاعة الحرب من خلال التكنولوجيا مثل الفولاذ، ولكن الحرب لم تنتهِ بغيمتين تشبهان الفطر سببتهما حكومة الولايات المتحدة - أيْ القنبلتين اللتين ألقيتا على هيروشيما ونجازاكي - وبدلاً من مجرد المطالبة بأسلحة أكبر وأسرع، استدعت الإرادة السياسية استثمار المليارات في مجالٍ جديد وغير عملي: وهو العلم دون الذريِّ. وحتى ذلك الحين، أثبتت معرفة كيفية تقسيم

الذرات - بطريقة يمكن التحكم بها - أنها كانت أبعد عن العلم في اليوم الذي اعتمد فيه مشروع مانهاتن استراتيجية بحوث جديدة كاملة للنجاح؛ طريقة مونت كارلو [60] التي غيَّرت مسار مفاهيم الناس عن المقصود «بنشاط العلم».

كما لوحظ، ميكانيكا الكم عملتْ بشكل جيد مع الذرات المعزولة، وبحلول عام 1940 عرف العلماء أنَّ امتصاص النيوترون يجعل الذرة غير مستقرة؛ مما يجعلها تنفجر، وربما تطلق المزيد من النيوترونات. كان من السهل تتبُّع مسار نيوترون واحد، وليس أصعب من تتبع ارتداد كرة البلياردو. ولكن البدء في التفاعل التسلسليِّ يتطلب تنسيق مليارات المليارات من النيوترونات؛ جميعها تنتقل بسرعات مختلفة في كل اتجاه. هذا صنع مجموعات عديدة من أجهزة صمَّمها العلماء للنظرية الواحدة. وفي الوقت نفسه، كان

اليورانيوم والبلوتونيوم مكلفين وخطرين. لذا، فالتجارب العلمية المفصلة مستحيلة.

ومع ذلك، كان على علماء مشروع مانهاتن معرفة كم يحتاجون بالضبط من البلوتونيوم واليورانيوم لصُنع القنبلة! القليل جدًّا منهما ستتلاشى معه القنبلة تدريجيًّا، والكثير منهما سيفجر القنبلة على ما يرام؛ ولكن على حساب إطالة أمد الحرب لأشهر أخرى، لأنَّ كلا العنصرين كانا معقديْن بشكل كبير للقيام بتنقيتهما (أو في حالة البلوتونيوم، التوليف، ثم التنقية). لذلك، قرر بعض العلماء العمليين التخلي عن كل الأساليب التقليدية - النظرية والتجريبية - وابتكروا مسارًا ثالثًا.

في البداية، التقطوا سرعة عشوائية للنيوترون وهو يدور في كومة من البلوتونيوم (أو اليورانيوم). التقطوا أيضًا اتجاهه العشوائيَّ، وأرقامًا عشوائية أكثر من جوانب أخرى؛

مثل كمية البلوتونيوم المتاحة، ومدى فرصة النيوترون للتسرُّب من البلوتونيوم قبل أنْ يتم امتصاصه، وحتى هندسة كومة البلوتونيوم وشكلها. لاحِظ أنَّ تحديد أرقام بعينها كان تسليمًا من العلماء بشمولية كل حساب؛ حيث إنَّ النتائج طُبقتْ على عدد قليل من النيوترونات في واحد من عدة تصاميم؛ فقد كره العلماء النظريون التخلي عن النتائج القابلة للتطبيق الشموليِّ، ولكن لم يكن لديهم خيار آخر.

في هذه الأثناء، كانت هناك غُرف كاملة مكتظة بشابات (كثير منهن زوجات العلماء اللاتي تم التعاقد معهنَّ للمساعدة، لأنهنَّ كُنَّ يشعرنَ بالملل في لوس ألاموس) يمسكنَ أقلام الرصاص وأوراقًا مليئة بالأرقام العشوائية، ويقُمن بحساب (في بعض الأحيان دون معرفة ما يعنيه كل هذا) كيفية اصطدام النيوترون مع ذرة البلوتونيوم، وما إذا كانت قد التهمته، وعدد النيوترونات الجديدة إذا كانت قد

أطلقت في العملية، وعدد النيوترونات التي أطلقت بالتناوب... وهلم جرًّا. كل واحدة من أولئك النساء المقدَّر عددهنَّ بالمئات قامت بحساب واحد محدد في خط التجميع، وقام العلماء بجمع النتائج. وصف المؤرخ جورج دايسون هذه العملية بأنها مثل بناء القنابل «عدديًّا، نيوترون بنيوترون، نانوثانية بنانوثانية... [طريقة] تقريب إحصائية لعينة عشوائية من النتائج... تعقُّب سلسلة من حصص زمنية، تجيب عن سؤال لا يمكن التنبؤ به، وما إذا كان التركيب سيصبح نوويًّا حراريًّا»[61].

التراكم النظريُّ أصبح نوويًّا، وهذا كان يُحسب أحيانًا على أنه نجاح. وكلما تم الانتهاء من كل حساب بدأت النساء من جديد مع أرقام مختلفة، وهكذا مرارًا وتكرارًا. أصبحتْ روزي العاملة رمزًا مبدعًا من عمالة الإناث أثناء الحرب، وأصبح من الواضح أنَّ مشروع مانهاتن لا يمكن أن

يستمر دون أولئك النساء حاسبات البيانات على الطاولات الطويلة، وصِرنَ يُعرفنَ بلقب جديد وهو «أجهزة الكمبيوتر».

ولكن، لماذا كان هذا يعتبر نهجًا مختلفًا إلى هذا الحد؟ في الأساس، ساوى العلماء كل حساب مع تجربة، وجمعوا البيانات الافتراضية فقط لقنابل البلوتونيوم واليورانيوم، وتخلّوا عن التفاعل الدقيق والتصحيحيِّ المتبادل بين النظرية والتجربة في المعمل، واعتمدوا أساليب وصفَها أحد المؤرخين بلا مجاملة بالقول إنها «تفكيك... محاكاة واقع مستعار من كل المجالات التجريبية والنظرية التي تندمج معًا. وأدى هذا المزيج من العمل إلى مراقبة أقل، في وقت واحد، وفي أيِّ مكان، وفي كل مكان، على الخريطة المنهجية المعتادة»[62].

بالطبع، مثل هذه الحسابات كانت فقط جيدة مثل معادلات العلماء الأولية، ولكنها أكثر حظًّا. الجسيمات على مستوى الكم تخضع للقوانين الإحصائية، وميكانيكا الكم؛

لغرابتها، ومميزاتها غير المتوقعة، فهي واحدة من النظريات العلمية الأكثر دقة من أيِّ وقت مضى. بالإضافة إلى ذلك، دفع العدد الهائل من العمليات الحسابية العلماءَ قدمًا في خلال مشروع مانهاتن وأعطاهم ثقة كبيرة؛ الثقة التي ثبت ما يبررها بعد نجاح اختبار ترينيتي في نيو مكسيكو في منتصف عام 1945. أثبت التفجير السريع والناجح لقنبلة اليورانيوم على هيروشيما وقنبلة البلوتونيوم على ناجازاكي بعد بضعة أسابيع أيضًا دقة هذا النهج العلميِّ غير التقليديِّ القائم على الحساب بالمنهج العلميِّ.

بعد انتهاء علاقة العمل الحميمة بين العاملين في مشروع مانهاتن، تفرَّق العلماء عائدين إلى منازلهم وهم يفكرون في ما فعلوه (البعض كان فخورًا، والبعض الآخر لم يكن كذلك). العديدون منهم نسوا بكل سرور فترة خدمتهم في

عنابر الحساب. والبعض - رغم ذلك - تمسَّك بما تعلمه؛ منهم ستانيسلو أولام.

أولام لاجئ بولنديٌّ كان يهوى اللعب بالورق (الكوتشينة) بالساعات في نيو مكسيكو. كان يلعب السوليتير في أحد الأيام في عام 1946 عندما بدأ يتساءل عن احتمالات الفوز بأوراق اللعب بشكل عشوائيٍّ. ثمة شيء واحد أحبه أولام أكثر من أوراق اللعب؛ وهو الحسابات العشوائية، لذا بدأ يملأ صفحات من المعادلات الاحتمالية. وسرعان ما تضخمت المشكلة ووصلت إلى درجة من التعقيد، فتركها أولام بذكاء، وقرر أنه من الأفضل اللعب مائة مرة بالأوراق، وتسجيل النسبة المئوية للوقت الذي يفوز فيه. طريقة سهلة بما فيه الكفاية.

الخلايا العصبية لمعظم الناس - حتى معظم العلماء - لم تتعود على هذا الاتصال. ولكن، في منتصف عمره من

اللعب بالسوليتير، أدرك أولام أنه يستخدم المنهج الأساسيَّ الذي استخدمه العلماء في بناء قنبلة «التجارب» في لوس ألاموس. (إنَّ الاتصال مجرد، ولكن تخطيط الأوراق ونظامها كانا مثل المدخلات العشوائية، و»الحساب» كان اللعب بالأوراق).

وبعد نقاش، سرعان ما تبعه صديقُه المحب للحساب جون فون نيومان؛ اللاجئ الأوروبيُّ الآخر المحنك في مشروع مانهاتن. أدرك كلٌّ من أولام وفون نيومان مدى قوة الأسلوب إذا كان بالإمكان تعميم ذلك وتطبيقه على حالات أخرى مع جموع المتغيرات العشوائية. في تلك الحالات، بدلاً من محاولة الأخذ في الاعتبار كل التعقيدات - كل فراشة ترفرف بجناحيها - فإنهما ببساطة حددا المشكلة، واختارا مدخلات عشوائية، و«ضع واحسب». وعلى عكس التجربة،

كانت النتائج غير مؤكدة. ولكن بالحسابات الكافية، يمكن أنْ يكونا متأكدين من الاحتمالات.

في صدفة سارة، عرف أولام وفون نيومان أنَّ المهندسين الأمريكيين طوَّروا أول الحواسيب الإلكترونية، مثل جهاز إينياك في فيلادلفيا. وطبقتْ «أجهزة كمبيوتر» مشروع مانهاتن في نهاية المطاف نظام البطاقة المثقوبة الميكانيكية لإجراء العمليات الحسابية، ولكن إينياك الدؤوب أظهر أملاً في التكرارات الشاقة التي تصورها كل من أولام وفون نيومان. تاريخيًّا، علم الاحتمالات له جذور في نوادي القمار الأرستقراطية، ومن غير الواضح من أين جاء الاسم المستعار لنهج أولام وفون نيومان مونت كارلو، لكن أولام الصفيق أطلق على «مُولِّد أعداد صحيحة عشوائية (بين صفر وستة وثلاثين)» اسمًا من ذكرياته، وهو اسم أحد أعمامه الذي طالما اقترض منه المال للمقامرة في إمارة

موناكو! انتشر علم مونت كارلو على وجه السرعة، وخفَّض من التجارب المكلفة. والحاجة إلى محاكاة جودة عالية للمونت كارلو قادت إلى تطوُّر أجهزة الكمبيوتر في وقت مبكر، ودفعها لتصبح أسرع وأكثر كفاءة. وفي تناغم تام، كان ظهور الحوسبة الرخيصة يعني أنَّ تجارب مونت كارلو، والمحاكاة، والنماذج بدأت تمتد إلى أكثر من فروع الكيمياء والفلك والفيزياء، ناهيك عن الهندسة وتحليل سوق الأوراق المالية. اليوم، بعد جيلين، أصبحتْ طريقة مونت كارلو (في أشكال مختلفة) تهيمن على بعض الحقول، حتى إنَّ العديد من العلماء الشباب لم يدركوا تمامًا أنهم قد غادروا العلوم النظرية التقليدية أو التجريبية. وعمومًا، هي قياس مؤقت ومناسب - باستخدام ذرات البلوتونيوم واليورانيوم مثل المعداد لحساب التفاعل التسلسليِّ - أصبحتْ ميزة لا يمكن

الاستغناء عنها في العملية العلمية. فهي لم تغزُ العلم فقط، بل استقرت، وتم استيعابها، وتزاوجتْ مع أساليب أخرى.

ومن عام 1949 بدأ هذا التحول يظهر في المستقبل. في تلك الأيام الأولى، دفعتْ طريقة أولام مونت كارلو الجيل التالي من الأسلحة النووية قدمًا. عمل فون نيومان، وأولام، وأمثالهما في غرف بحجم صالات الألعاب الرياضية؛ حيث تم ضبط أجهزة الكمبيوتر، وفي ظروف غامضة سألوا إذا كان بإمكانهم تشغيل عدد قليل من البرامج ابتداء من الساعة 12: 00 صباحًا وتستمر طوال الليل. الأسلحة التي طوَّروها خلال تلك الساعات الصعبة، أجهزة «سوبر» متعددة المراحل قوتها أكبر بألف مرة من قوة القنبلة الذرية. يُستخدم سوبر البلوتونيوم واليورانيوم لإثارة الاندماج على غرار النجم المنصهر في سائل الهيدروجين فائق الثقل؛ العملية المعقدة التي لم تتجاوز التقارير العسكرية السرية إلى منصات

الصواريخ دون حساب رقميٍّ. كما لخص تاريخ التكنولوجيا في ذلك العقد المؤرخ جورج دايسون: «قادتْ أجهزة الكمبيوتر إلى القنابل، وقادت القنابل إلى أجهزة الكمبيوتر».

بعد جهد جهيد للعثور على التصميم المناسب للسوبر، وجد العلماء فكرة ممتازة عام 1952. أظهر طمس جزيرة إنيويتوك المرجانية في المحيط الهادئ أثناء اختبار السوبر تلك السنة مرة أخرى التألق الوحشيَّ لطريقة مونت كارلو. ومع ذلك، كان علماء القنبلة بالفعل لديهم شيء أسوأ من السوبر في الطريق.

القنابل الذرية يمكن أنْ تعطيك طريقتين لاستخدامها؛ إحداهما أن تكون أداة في يد حارق الأرض المجنون الذي يريد فقط الكثير من القتلى والكثير من المباني المسواة بالأرض باستخدام قنبلة انشطارية تقليدية. من السهل بناؤها، وينبغي للضوء الساطع أنْ يُشبِع حاجة المجنون في النظر،

مع التأثيرات الرجعية مثل الأعاصير المفاجئة والصور الظلية للضحايا المحترقين على جدران من الطوب. ولكن، إذا كان هذا المجنون لديه الصبر ويريد أنْ يفعل شيئًا ما غدرًا، وإذا كان يريد أنْ يفسد كل شيء، فإنه سوف يفجر القنبلة القذرة الكوبالت 60؛ وهي الاستخدام الثاني.

في حين تقتل القنابل النووية التقليدية بالحرارة، فإنَّ القنابل القذرة تقتل بأشعة غاما؛ الأشعة الخبيثة. أشعة غاما تتجم عن أنشطة إشعاعية محمومة، فبالإضافة إلى حرقها الناس بطريقة مخيفة، فإنها تحفر في نخاع العظم وتؤثر على الكروموسومات في خلايا الدم البيضاء. فإما أنْ تموت الخلايا مباشرة وتنمو خلايا سرطانية، أو تتكاثر من دون قيود؛ مثل النمو الزائد في الأعضاء البشرية، في النهاية تكون مشوَّهة وغير قادرة على محاربة الالتهابات. جميع

القنابل النووية تطلق بعض الإشعاع، ولكن مع القنابل القذرة، الإشعاع هو النقطة الجوهرية.

حتى إنّ سرطان الدم المتوطن ليس طموحًا وفقًا لمعايير بعض القنابل. اخترع لاجئٌ أوروبيٌّ آخر من الذين عملوا في مشروع مانهاتن، وهو عالم الفيزياء ليو زيلارد، للأسف فكرة الاكتفاء الذاتيِّ للتفاعل التسلسليّ النوويّ حوالى العام 1933، وحسب في عام 1950 كرجل حكيم، وأكثر واقعية، أنَّ رش عشر أوقيات من الكوبالت 60 في كل ميل مربع من الأرض سوف يلوثها بما يكفي من أشعة غاما للقضاء على الجنس البشريِّ؛ وهي نسخة نووية من السحابة التي ساعدتْ على قتل الديناصورات. يتألف جهازه من رأس حربيٍّ متعدد محاط بغطاء من الكوبالت 59. من شأن التفاعل الانشطاريِّ في البلوتونيوم إطلاق تفاعلات الهيدروجين. وبمجرد أنْ يبدأ التفاعل يطمس غلاف

الكوبالت وكل شيء آخر. ولكن ليس قبل أنْ يحدث شيء على المستوى الذريِّ. هناك في الأسفل، تمتص ذرات الكوبالت النيوترونات الناتجة من الانشطار والانصهار؛ الخطوة التي تسمى التمليح salting. والتمليح سوف يحول الكوبالت 59 المستقر إلى الكوبالت 60 المستقر، والذي سوف يطفو مثل الرماد.

الكثير من العناصر الأخرى تتبعث منها أشعة غاما، ولكن هناك شيئًا خاصًا مع الكوبالت. القنابل الذرية العادية يمكن أنْ ينتهي مفعولها تحت الأرض، حيث إنَّ غبارها الإشعاعيَّ يطلق أشعة غاما مباشرة ويصير عديم الضرر. كانت هيروشيما وناغازاكي إلى حد ما صالحتين للسكن في غضون أيام من التفجيرات عام 1945. العناصر الأخرى تمتص نيوترونات إضافية؛ مثل المدمنين على الكحول الذين يأخذون جرعة أخرى في الحانة؛ فهم سيمرضون يومًا ما

ولكن ليس لدهور. في هذه الحالة، بعد الانفجار الأول، لم ترتفع مستويات الإشعاع كثيرًا.

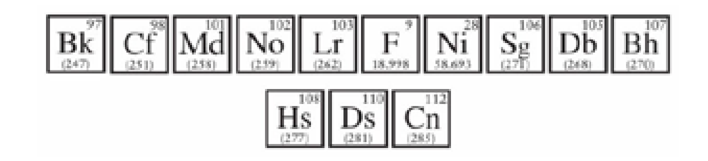
تقع قنابل الكوبالت بين هذين الحدين بطريقة شيطانية، وهي حالة نادرة أنْ تكون الوسطية هي الأسوأ. إنَّ ذرات الكوبالت 60 تستقر في الأرض مثل الألغام الأرضية الصغيرة. يكفي أنْ تتفجر على الفور للتأكد من أنه من الضروريِّ الفرار. ولكن، بعد خمس سنوات كاملة سيكون نصف الكوبالت لا يزال مسلحًا. هذا النبض الثابت من شظايا غاما يعني أنَّ قنابل الكوبالت لا يمكنها أنْ تتلاشى أو أنْ تدوم، وسوف يستغرق الإنسان عمره كله كيْ تتعافى الأرض. هذا في الواقع يجعل قنابل الكوبالت أسلحة غير محتملة للحرب؛ لأنَّ الجيش الغازي لا يمكنه أنْ يحتل الأرض، ولكن حارق الأرض المجنون ليست لديه مثل هذه الهواجس.

في دفاعه، أمل زيلارد ألاّ تصنع القنبلة الكوبالت أول «أداة جحيم»، ولم يحاول أيُّ بلد القيام بهذا (على ما يعتقد الجميع). في الواقع، استحضر زيلارد فكرة إظهار جنون الحرب النووية، واستولتْ على الناس. في فيلم الدكتور سترينجغلوف على سبيل المثال، امتلك الأعداء السوفييت قنابل الكوبالت. قبل أنْ يكون سلاح زيلارد النوويُّ مرعبًا، ولكن ليس بالضرورة نذير شؤم. بعد اقتراحه المتواضع، أمل زيلارد أنْ يكون الناس أكثر وعيًا، وأن يتخلوا عن الأسلحة النووية. بعد فترة وجيزة، أصبح الاسم المخيف «البروميثيوم» رسميًّا، وحصل الاتحاد السوفياتي على القنبلة أيضًا. وسرعان ما قبلتْ حكومتا الولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي اسمًا مختصرًا، ولكنه كان بالفعل اسمًا على مسمى mutual assured destruction æÃMAD بمعنى «الدمار المؤكد المتبادل»، والفكرة أنَّ النتيجة المؤكدة

هي خسارة جميع الأطراف في أيٍّ حرب نووية. وبغض النظر عن النظام الأخلاقيِّ المشوَّه، فإن MAD ردع الناس عن نشر الأسلحة النووية كأسلحة تكتيكية. بدلاً من ذلك، تزايدت التوترات الدولية في الحرب الباردة؛ التوتر الذي تسلل إلى مجتمعنا الذي لم يسلم منه حتى الجدول الدوريُّ البسيط!

الفصل السابع:

توسيع الجدول، تمديد الحرب الباردة



في عام 1950، نُشر مقالٌ طريف في قسم «حديث المدينة»، بمجلة نيويوركر [63] جاء فيه: "ظهرت ذراتٌان جديدتان بشكل مذهل، وإن لم تكن تدل على خطر وقتها، أطلقتْ عليها جامعة كاليفورنيا في بيركلي - والتي اكتشف علماؤها العنصرين 97 æ 98 - اسميْ: البركيليوم والكاليفورنيوم على التوالي... . هذان الأسمان أذهلانا في إشارتهما إلى وجود قصر نظر مفاجئ في العلاقات العامة. علماء كاليفورنيا المشغولون سوف يكتشفون بلا شك ذرة

أخرى أو اثنتيْن في أحد هذه الأيام، والجامعة فقدتْ إلى الأبد فرصة تخليد نفسها في الجداول الذرية بمثل هذا التسلسل هذا المسميات: يونوفرسشم universitium (97)¡ أوفيم ofium (98)، الكاليفورنيوم californium (99)¡ البركيليوم berkelium (100)». (University of California at Berkeley).

لا يحتاج الأمر لكثير من الذكاء لمعرفة معاني هذه المسميات؛ فالعلماء في بيركلي بقيادة غلين سيبورغ وألبرت غيورسو، أجابوا بالقول إنّ هذه التسميات الخاصة كانت في الواقع عبقرية استباقية تهدف إلى تجنُّب «الاحتمالات المروعة من أنه بعد تسمية يونوفرسشم universitium (97)، وأوفيم ofium (98) فقد يقوم بعض موظفي نيويوركر بتقليد هذا الاكتشاف للعنصرين 99æ100، وقد يختارون اسمَي نيويم «newium» ويوركيم «yorkium».

أجاب موظفو نيويوركر: «نحن بالفعل نعمل في مختبرات مكاتبنا على نيويم «newium» ويوركيم «yorkium»، ولكن حتى الآن لدينا الأسماء فقط!».

كانت هذه الرسائل دردشة مرحة، في وقت كان من الشيِّق فيه أنْ تكون عالمًا في بيركلي. أولئك العلماء ابتكروا أول عناصر جديدة في نظامنا الشمسيِّ؛ منذ أنْ أطلق المستعر الأعظم كلَّ العناصر قبل مليارات السنين، بل إنهم تفوقوا على المستعر الأعظم، وابتكروا عناصر أكثر حتى من العناصر الطبيعية الاثنين والتسعين. لا أحد على الأقل من كل منهم، يمكنه التنبؤ كيف ستكون صعوبة تسمية العناصر التي ستصبح قريبًا المسرح الجديد للحرب الباردة.

كان غلين سيبورغ أكثر من ذُكر في كتاب من هو؟ Who's Who[64]؛ كأستاذ في بيركلي، وكيميائي حائز على جائزة نوبل، وأحد مؤسسي اللجنة الاستشارية المعنية

بسياسات الدوريِّ الرياضي، ومستشار الرئيس كنيدي وجونسون ونيكسون وكارتر وريغان، وجورج بوش الأب في الطاقة الذرية وسباق التسلح النوويِّ، وقائد فريق مشروع مانهاتن... إلخ، إلخ. ولكن، كان أول اكتشاف علميٍّ كبير له - والذي دفعه إلى تكريمات أخرى - نتيجة حظٍّ تافهٍ.

في عام 1940، حصل زميل سيبورغ وصديقه، إدوين ماكميلان، على جائزة مرموقة بسبب تكوينه أول عنصر بعد اليورانيوم الذي سماه النبتونيوم؛ من اسم الكوكب الذي وراء أورانوس المشتق منه اليورانيوم. وكان ماكميلان يتوق لأنْ يفعل أكثر من ذلك. وقد أدرك أنَّ العنصر ثلاثة وتسعين كان متذبذبًا جدًّا، وربما ينحل في العنصر الرابع والتسعين من خلال إطلاق إلكترون آخر. بحث عن أدلة للعنصر التالي بإخلاص، وأبقى على الشاب سيبورغ - النحيل، ذي الأعوام الثمانية والعشرين من ميشيغان الذي نشأ في

مستعمرة مهاجرين ناطقين بالسويدية - على علم بالتقدم المحرز، حتى إنهما كانا يتناقشان عن التقنيات عندما يلتقيان في الصالة الرياضية.

ولكن عملاً آخر كان يجري في عام 1940 للبحث عن العناصر الجديدة. فعندما قررتْ حكومة الولايات المتحدة التدخل - ولو سرًّا - ضد دول المحور في الحرب العالمية الثانية، بدأ استقطاب النجوم العلميين سريعًا - بمن فيهم ماكميلان - للعمل على مشاريع عسكرية مثل الرادار. ولأنه ليس بارزًا بما يكفي ليكون محل اختيار، وجد سيبورغ نفسه وحيدًا في بيركلي مع معدات ماكميلان ومعرفة كاملة بالطريقة التي كان ماكميلان يعتزم المضي قُدمًا بها. وعلى عجل، وخشية أن تكون هذه هي فرصتهما الوحيدة في الشهرة، جمع سيبورغ وزميل له عينة مجهرية من العنصر ثلاثة وتسعين. وتركا النبتونيوم يتسرب منها، وغربلا العينة

المشعة عن طريق إذابة النبتونيوم الزائد؛ حتى لم يبقَ سوى جزء صغير جدًّا من المواد الكيميائية. أثبتا أنَّ الذرات المتبقية في العينة كانت العنصر الرابع والتسعين عبر تمزيق إلكترون بعد إلكترون بواسطة مادة كيميائية قوية، حتى حصلت الذرات على شحنة كهربائية (+ 7) أعلى من أيِّ عنصر معروف من قبل. من اللحظات الأولى، بدا أنَّ العنصر الرابع والتسعين له خصائص مميزة. مستمرين في المسيرة إلى حافة النظام الشمسيِّ - ومعتقدين أنَّ هذا هو آخر عنصر يمكن توليفه - أطلق العلمان عليه اسم البلوتونيوم.

وعلى غير انتظار، تلقى العبقريُّ سيبورغ في عام 1942 استدعاءً للذهاب إلى شيكاغو والعمل في فرع مشروع مانهاتن. اصطحب سيبورغ معه عددًا من الطلاب، بالإضافة إلى فنيٍّ كان أقرب إلى خادم مطيع منه إلى

مساعد، واسمه ألبرت غيورسو. كان غيورسو معاكس سيبورغ مزاجيًّا. في الصور، يظهر سيبورغ دائمًا في حُلة جميلة؛ حتى في المختبر، في حين يبدو غيورسو غير مرتب في اللبس، وأكثر راحة في سترة وقميص بزر مفتوح. وضع غيورسو نظارة سميكة ذات إطار أسود، ولديه شعر دهنيٌّ كثيف، ومدقق الأنف والذقن يشبه إلى حد ما نيكسون. كما كان - خلافًا لسيبورغ - يشعر بالضيق من العمل. (وقال إنه يكره مقارنته مع نيكسون) كان طفوليًّا قليلاً، ولم يحصل على أكثر من درجة البكالوريوس، ولم يكن يرغب في إرهاق نفسه بمزيد من الدراسة. بفخر كبير، تبع سيبورغ إلى شيكاغو للفرار من وظيفة مملة كان يقوم بها في تسليك كاشفات النشاط الإشعاعيِّ في بيركلي.

وعندما وصل إلى شيكاغو، وضعه سيبورغ على الفور في عمل تسليك الكاشفات!

ومع ذلك، بدأ الاثنان العمل. وعندما عادا إلى بيركلي بعد الحرب (كلاهما يعشقان الجامعة)، شرعا في تكوين عناصر ثقيلة؛ كما ذكرت نيويوركر ذلك: «ظهرتْ ذراتٌان جديدتان بشكل مذهل، وإنْ لم تكن تدل على خطر في الوقت الحاضر». وقد قارن كتاب آخرون بين الكيميائيين الذين اكتشفوا عناصر جديدة في القرن السابع عشر وصيادي اللعبة الكبيرة big–game hunters؛ فهم يثيرون الجماهير المحبين للكيمياء بكل الأنواع الغريبة التي يصطادونها. إذا كان هذا الوصف صحيحًا، إذًا الصيادان الأكثر قوة ذَوَا البندقيتين الأكبر حجمًا - من مثل إرنست همينغوي[65] وثيودور روزفلت [66] - هما غيورسو وسيبورغ بالنسبة للجدول الدوريِّ، اللذان اكتشفا المزيد من العناصر أكثر من أيٍّ شخص في التاريخ، ووسَّعا الجدول الدوريَّ بما يقرب من السدس.

بدأ التعاون في عام 1946، عندما بدأ سيبورغ وغيورسو وغيرهما، قذف البلوتونيوم الدقيق بجسيمات مشعة. هذه المرة، بدلاً من استخدام ذخيرة النيوترون، استخدموا جسيمات ألفا؛ مجموعات من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات. مثل الجسيمات المشحونة - والتي يمكن سحبها مباشرة بتعليق «أرنب» ميكانيكي بشحنة معاكسة أمام أنوفهم - أشعة ألفا يسهل وصولها إلى سرعات عالية من النيوترونات العنيدة. بالإضافة إلى ذلك، عندما تمسك أشعة ألفا البلوتونيوم، يحصل فريق بيركلي على عنصرين جديدين من الضربة، حيث إنَّ العنصر السادس والتسعين (بروتونات البلوتونيوم بالإضافة إلى اثنين آخرين) ينحل في العنصر خمسة وتسعين من خلال طرد بروتون.

حصل فريق سيبورغ وغيورسو المكتشف للعنصريْن خمسة وتسعين وستة وتسعين، على الحق في تسميتهما (وهذا تقليد غير رسميٍّ سرعان ما سبَّب ارتباكًا غاضبًا). اختاروا الأميريسيوم americium (ينطق «am–er–EE–see–um») من اسم أمريكا، والكوريوم، من ماري كوري. وخروجًا عن صلابة نشاطه المعتاد، أعلن سيبورغ عن العناصر، ليس في مجلة علمية، ولكن في برنامج إذاعي للأطفال Quiz Kids! عندما سأل طفل صغير حاذق - وهو يضحك ببراءة - السيد سيبورغ إذا كان قد اكتشف أيَّ عناصر جديدة في الآونة الأخيرة؟ فأجاب سيبورغ أنه في الواقع قد اكتشف، وشجع الأطفال المستمعين في منازلهم على أنْ يطالبوا معلميهم بالتخلص من الجدول الدوريِّ القديم. وأشار سيبورغ في سيرته الذاتية: «جاءتني في وقت

لاحق رسائل من تلاميذ المدارس، قالوا فيها إنَّ معلميهم كانوا متشككين إلى حدٍّ ما».

استمرارًا لتجارب مقذوفات ألفا، اكتشف فريق بيركلي البركيليوم والكاليفورنيوم في عام 1949؛ كما هو موضح سابقًا. يملأهم الفخر بالأسماء، وآملين في الحصول على اعتراف قليل، دعوا مكتب رئيس بلدية بيركلي لحضور الاحتفال. استمع العاملون في مكتب رئيس البلدية إليهم وتثاءبوا؛ فلم يرَ رئيس البلدية ولا موظفوه الأهمية الكبيرة للجدول الدوريِّ. بلادة المدينة أصابت غيورسو بالضيق. وقبل تجاهل رئيس البلدية لإنجازهم، كان مؤيدًا لتسمية العنصر السابع والتسعين البركيليوم وجعل Bm رمزًا كيميائيًّا له؛ لأنَّ العنصر كان مثل «الشيء المكروه» عند اكتشافه. بعد ذلك، يبدو أنه انتبه وفكَّر في أنَّ كل مراهق في البلاد سيشاهد بيركلي ممثلة في الجدول الدوريِّ باسم «Bm» [67]

في المدرسة، وسيتذكر حركة الأمعاء ويضحك. (للأسف رُفض الرمز، وأصبح رمز البركيليوم Bk).

لم يُضعِف استقبالُ رئيس البلدية البارد من عزيمة جامعة كاليفورنيا في بيركلي، فاستمرتْ بوضع مربعات جديدة في الجدول الدوريِّ، ممّا حدا واضعي المناهج الدراسية إلى استبدال الجداول التي عفا عليها الزمن بسعادة. اكتشف الفريقُ العنصرين تسعة وتسعين ومائة - الأينشتاينيوم والفرميوم - في المرجان المشع بعد اختبار القنبلة الهيدروجينية في المحيط الهادئ في عام 1952. لكن القمة التجريبية له كانت تكوين العنصر 101.

العناصر تنمو هشة لأنها تتضخم مع البروتونات. لذا، لاقى العلماء صعوبة في تكوين عينات كبيرة بما فيه الكفاية لرشها بجسيمات ألفا. الحصول على ما يكفي من الأينشتاينيوم؛ العنصر تسعة وتسعين حتى التفكير في القفز

إلى العنصر 101 يتطلب قذف البلوتونيوم لمدة ثلاث سنوات. وكانت هذه مجرد خطوة واحدة في آلة روب غولدبرغ[68]. في كل محاولة لتكوين 101، يضع العلماءُ كمية صغيرة غير مرئية من الأينشتاينيوم في رقائق الذهب وترشق بجسيمات ألفا. يتشابك الذهب المشع ثم ينحل، حيث إنَّ نشاطه الإشعاعيَّ من شأنه أنْ يتداخل مع الكشف عن العنصر الجديد. في التجارب السابقة للعثور على عناصر جديدة، سكب العلماءُ العينةَ في أنابيب الاختبار في هذه المرحلة لمعرفة رد فعل رقائق الذهب، والبحث عن مثيلها الكيميائيِّ من عناصر الجدول الدوريِّ. ولكن مع العنصر 101، لم يكن هناك ما يكفي من الذرات لفعل ذلك. لذلك، اضطر الفريق لتحديد ذلك «بعد موت العينة» من خلال النظر إلى ما كان خلفها بعد كل ذرة تفككت؛ مثل تجميع قطع سيارة معًا من الخردة بعد تفجيرها.

مثل هذا العمل «الجنائيِّ» قابل للتنفيذ؛ باستثناء خطوة جسيمات ألفا التي يمكن أن تتم فقط في مختبر واحد، والكشف يكون على بعد أميال. لذا، كان على غيورسو لعمل كل تجربة - وحيث إنَّ رقائق الذهب تتحل - الانتظار خارجًا في سيارته الفولكس فاجن، تاركًا محركاتها في وضع التشغيل، لينقل العينة إلى مبنى آخر. فعل الفريق هذا في منتصف الليل؛ لأنَّ العينة إذا عَلِقتْ في ازدحام حركة المرور، فقد يتلاشى المشع في مختبر غيورسو ويضيع الجهد كله. عندما وصل غيورسو إلى المختبر الثاني، انطلق صعودًا على الدرج، وخضعت العينة لتنقية سريعة أخرى قبل أنْ يتم وضعها في أحدث جيل من أجهزة الكشف الذي قام غيورسو بتوصيل أسلاكه من قبل؛ الكاشفات التي هي مصدر فخر له الآن، لأنها كانت الأجهزة الرئيسة في معظم المختبرات المتطورة للعناصر الثقيلة في العالم.

بدأ الفريقُ الدراسةَ بعمق، وفي إحدى ليالي شهر فبراير في عام 1955 أثمر عمله. كإجراء احتياطيٍّ، ربط غيورسو كاشفَ الإشعاع بجهاز إنذار الحريق للمبنى، وعندما اكتشفت أخيرًا ذرة تتفجر من العنصر 101 صاح الجرس. حدث ذلك ست عشرة مرة في تلك الليلة. ومع كل صياح، كان الفريق المتجمع يهلل. عند الفجر، ذهب الجميع إلى منازلهم منتشين ومتعبين وسعداء. نسي غيورسو فكَّ ربط الكاشف؛ الأمر الذي سبب بعض الذعر بين قاطني المبنى في صباح اليوم التالي عندما اصطاد الكاشف للمرة الأخيرة ذرة كسولة من العنصر 101 فانفجرتْ بعد انصراف الجميع[69].

وقد كرموا بالفعل مدينتهم، والولاية، والدولة. اقترح فريق بيركلي المندليفيوم اسمًا للعنصر 101؛ على شرف العالِم ديمتري مندليف. من الناحية العلمية، الأمر يبدو منطقيًّا. أمّا

من الناحية السياسية، فقد كانت جرأة أنْ يُكرَّم عالم روسيٌّ خلال الحرب الباردة، وأنّ التكريم لم يكن خيارًا شعبيًّا (على الأقل محليًّا، وورد أنَّ رئيس الوزراء خروشوف أحب ذلك). لكن سيبورغ، وغيورسو، وغيرهما يريدون التظاهر بأنَّ العلم يعلو فوق السياسة التافهة. وفي ذلك الوقت، لماذا لا؟ كان بإمكانهم أن يكونوا أرحب صدرًا. غادر سيبورغ بعد ذلك للعمل مع كينيدي، وتقدَّم مختبر بيركلي ببطء تحت إشراف آل غيورسو. ولقد غلب عمليًّا كل المختبرات النووية الأخرى في العالم التي تم إخضاعها إلى فحص حساب بيركلي. لمرة واحدة، أعلنت جماعة أخرى من السويد هزيمة بيركلي في العنصر 102، مختبر بيركلي - بسرعة - أفقد هذا الادعاء مصداقيته. بدلاً من ذلك، أحرز مختبر بيركلي العنصر 102؛ النوبليوم (من اسم ألفريد نوبل، مخترع الديناميت ومؤسس جوائز نوبل)، والعنصر 103؛ اللورنسيوم (من أسم

مؤسس ومدير مختبر الإشعاع في بيركلي إرنست لورنس) في أوائل الستينيات.

ثم في عام 1964، حدث سبوتنيك[70] الثاني.

بعض الروس لديهم أسطورة حول الخلق كوْنهم يمثلون جزءًا من سكان الكوكب. تقول الأسطورة: نزل الإله على الأرض، ومشى في أنحائها وهو يحمل كل المعادن في يديه، للتأكد من أنها وُزِّعتْ عليها بالتساوي. عملتْ هذه الطريقة جيدًا لفترة من الوقت؛ فذهب التنتالوم في أرض ما، واليورانيوم في أخرى، وهلم جرًّا. ولكن عندما ذهب الإله إلى سيبيريا، تجمدتْ أصابعه الباردة جدًّا وتيبستْ وسقطتْ جميع المعادن. لسعة الصقيع منعته من أنْ يستردها، فتركها هناك مشمئزًا! ولذا، يتباهى الروس بمخزونهم الواسع من المعادن.

وعلى الرغم من تلك الثروات الجيولوجية، تم اكتشاف اثنين فقط من العناصر عديمة الفائدة في الجدول الدوريِّ في روسيا؛ الروثينيوم والساماريوم. قارِنْ هذا السجل التافه بالعشرات من العناصر التي اكتُشفتْ في السويد وألمانيا وفرنسا. لائحة العلماء الروس العظماء بعد مندليف بالمثل قاحلة؛ على الأقل بالمقارنة مع المجموعة الأوروبية. وكان ذلك لأسباب مختلفة - منها استبداد القياصرة، والاقتصاد الزراعيُّ، والمدارس السيئة، والطقس القاسي - روسيا لم تعزز قطّ العبقرية العلمية المتوفرة لديها. إنها لا تستطيع حتى الحصول على التكنولوجيات الأساسية بشكل صحيح؛ مثل التقويم التاريخيِّ! في السابق، في عام 1900¡ استخدمتْ روسيا التقويم غير الصحيح الذي وضعه منجمو يوليوس قيصر، والذي يتخلف بأسابيع عن التقويم الميلاديِّ الحديث الذي تستخدمه أوروبا؛ يوضح هذا التأخر لماذا

حدثتْ «ثورة أكتوبر» التي أتتْ بفلاديمير لينين والبلاشفة إلى السلطة في عام 1917 في الحقيقة في نوفمبر!

إنَّ الثورة نجحتْ جزئيًّا؛ لأن لينين وعد بتحويل روسيا المتخلفة إلى دولة متقدمة، وأصرت اللجنة الرئيسة في الحزب الشيوعيِّ على أنْ يكون العلماء على رأس اللجنة العمالية الجديدة. كانت هذه الوعود حقيقية لبضع سنوات، وعندما عمل العلماء في ظل حكم لينين مع القليل من رقابة الدولة، ظهر بعض العلماء من الطراز العالميِّ بدعم مسهب من قبل الدولة. بالإضافة إلى جعل العلماء سعداء، تحولت الأموال لتصبح دعاية قوية كذلك. العلماءُ خارج الاتحاد السوفياتي بعد أن لاحظوا كيف كان التمويل الجيد لزملاءهم السوفيت، تمنوا (تحول أملهم إلى اعتقاد) أنَّ على حكومة الاتحاد السوفياتي القوية اعترفت بأهميتهم. حتى في أمريكا، حيث ازدهرت المكارثية [71] في وقت مبكر من الخمسينيات،

وأظهر العلماءُ اعتزازهم بالكتلة السوفياتية للحصول على الدعم الماديِّ من التقدم العلميِّ.

في الواقع، الجماعات مثل الجناح اليمينيِّ المتطرف جمعية جون بيرش التي تأسستْ في عام 1958، أعتقدت أن السوفييت قد يكونون أقل ذكاء رغم ما لديهم من العلم. كانت الجمعية تشتعل غضبًا من إضافة الفلوريد (أيونات الفلورين) في مياه الصنابير لمنع التسوس. وبصرف النظر عن الملح المعالج باليود، كان الماء المضاف الفلوريد إليه من بين أرخص التدابير، والأكثر فعالية للصحة العامة التي سُنت من أيِّ وقت مضى؛ مما أتاح لمعظم الناس الذين شربوا منه أنْ يموتوا وأسنانهم لا تزال سليمة للمرة الأولى في التاريخ. بالنسبة لجمعية جون بيرش، رغم ذلك، كان الماء المضاف الفلوريد إليه مرتبطًا بالتربية الجنسية وغيرها من «المؤامرات الشيوعية القذرة» للسيطرة على عقول

الأميركيين؛ مؤامرة جاءت مباشرة من الكرملين إلى مسؤولي المياه المحلية والمعلمين الصحيين. معظم العلماء الأمريكيين راقبوا الجهود المضادة للعلم من جمعية جون بيرش برعب. وبالمقارنة مع ذلك، إنَّ الخطاب المؤيد لعلم الاتحاد السوفياتي يبدو جيدًا.

تحت هذا التقدُّم - على الرغم من امتداد سرطان الاستبداد - كان جوزيف ستالين، صاحب القبضة الحديدية على الاتحاد السوفياتي في عام 1929، لديه أفكار غريبة عن العلم. وقسم ستالين العلم بلا مبرر وبصورة تعسفية، وسيئة إلى «برجوازية»æ«بروليتارية»، وعاقب الذين مارسوا النوع الأول. ولعقود من الزمان، تم تشغيل برنامج البحوث الزراعية السوفياتي من قبل فلاحي البروليتارية. «العالم حافي القدمين» تروفيم ليسينكو، أحبه ستالين بمعنى الكلمة، لأنَّ ليسينكو استنكر فكرة ووصمها بالرجعية؛ تلك الفكرة التي

تقول إنَّ الكائنات الحية - بما في ذلك النباتات - ترث الصفات والجينات من الآباء. الماركسي الحق، هو الذي قال بأنَّ البيئة الاجتماعية المناسبة مهمة (حتى بالنسبة للنباتات)، وأنَّ البيئة السوفياتية من شأنها أنْ تتفوق على بيئة خنزير الرأسمالية. كما أنه قدَّم أيضًا أساسًا بيولوجيًّا يعتمد على الجينات «غير الشرعية» واعتقل (أو أعدم) المنشقّين. بطريقة ما، فشل ليسينكو في زيادة غلة المحاصيل، وأجبر الملايين من المزارعين الاشتراكيين على اعتماد الجوع مذهبًا لهم. خلال تلك المجاعات، وصف عالم وراثة بريطاني بارز بحزن ليسينكو بأنه «يجهل تمامًا المبادئ الأساسية لعلم الوراثة وفسيولوجيا النبات. التحدث إلى ليسينكو كان أشبه بمحاولة لشرح حساب التفاضل لرجل لم يعرف جدول الضرب اثني عشر».

وعلاوة على ذلك، لم يُبدِ ستالين أيَّ رحمة تجاه اعتقال العلماء وإجبارهم على العمل من أجل الدولة في معسكرات السُّخرة؛ حيث شَحَن الكثيرين من العلماء إلى أعمال منجم النيكل سيئة السمعة والسجن خارج نوريلسك في سيبيريا؛ حيث تنخفض درجات الحرارة بشكل منتظم إلى 80 فهرنهايت تحت الصفر. على الرغم من أنه منجم للنيكل، إلاّ أنّ هواء مدينة نوريلسك كان مشبعًا بشكل دائم بالكبريت من أبخرة الديزل، وكدح العلماء هناك لانتزاع جزء كبير من المعادن السامة في الجدول الدوريِّ؛ بما في ذلك الزرنيخ، والرصاص، والكادميوم.

كان التلوث منتشرًا، والجو ملطخًا. واعتمادًا على المعادن الثقيلة المطلوب استخراجها، كان الثلج بلون ورديٍّ ÞÑÒÃàæÃ. عندما تكون جميع المعادن مطلوب استخراجها،

يهطل الثلج أسود اللون (ولا يزال هذا يحصل حتى اليوم أحيانًا). ربما معظمه مشكوك فيه، حتى يومنا هذا، لا يقال إنَّ شجرة واحدة نمَتْ على بُعد ثلاثين ميلاً من مصاهر النيكل السامة[72]. وتماشيًا مع روح الفكاهة السوداء الروسية، إنَّ هناك نكتة شعبية تقول إنَّ المتشردين في نوريلسك، بدلاً من تسوُّل الفكة، فإنهم يجمعون أكوابًا من ماء المطر ويبخرون الماء ويبيعون الخردة المعدنية للحصول على النقد! وإذا وضعنا النكات جانبًا، فإنَّ أجيالاً عديدة من العلماء السوفييت أُهدِرت في استخراج النيكل ومعادن أخرى للصناعة السوفياتية.

في الواقع، ارتاب ستالين من الفروع الخيالية للعلم المعتمدة على الحدس مثل ميكانيكا الكم والنسبية. وفي أواخر عام 1949، بدأ يفكر في تصفية علماء الفيزياء البرجوازية الذين لا تتفق أفكارهم مع الفكر الشيوعيِّ من

خلال إسقاط تلك النظريات. وتراجع فقط عندما أشار مستشارٌ شجاعٌ إلى أنَّ هذا قد يضر ببرنامج الأسلحة النووية السوفياتية إلى حد ما. بالإضافة إلى ذلك - خلافًا لما حدث في مناطق أخرى من العلوم - لم يكن قلب ستالين حقًا يطاوعه على تطهير الفيزياء؛ بسبب تداخل الفيزياء مع أبحاث الأسلحة - محبوبة ستالين - وبقائها على الحياد للرد على أسئلة حول طبيعة الإنسان - محبوبة الماركسية - علماء الفيزياء في عهد ستالين نجوا من أسوأ الانتهاكات الموجهة لعلماء البيولوجيا وعلماء النفس وعلماء الاقتصاد. «اترك [الفيزيائيين] في سلام»، ستالين سمح بذلك مشكورًا، ولكن «يمكننا إطلاق النار عليهم دائمًا في وقت لاحق».

ومع ذلك، هناك بُعدٌ آخر أعطاه ستالين للعلوم الفيزيائية. فقد طالب ستالين بالولاء، وكان البرنامج السوفياتي للأسلحة النووية لديه واحدٌ من الرعايا المخلصين؛

وهو العالم النوويُّ جورجي فليورف. في الصورة الفوتوغرافية الأكثر شهرة له، فليورف يبدو كالممثلين؛ فهو متكلف الابتسامة، ومتوج برأس أصلع، مع القليل من الوزن الزائد، وحاجبين كثّيفين، وربطة عنق مخططة قبيحة، مثل شخص يضع قرنفلة كبيرة في طية صدر السترة.

ذلك المظهر البسيط لجورجي كان يخفي وراءه دهاءً. في عام 1942، لاحظ فليورف أنه على الرغم من التقدم الكبير الذي أحرزه العلماء الألمان والأمريكان في بحوث انشطار اليورانيوم في السنوات الأخيرة، إلا أنَّ المجلات العلمية قد توقفتْ عن النشر في هذا الموضوع. استنتج فليورف أنَّ العمل في الانشطار صار من أسرار الدولة، وهو ما قد يعني شيئًا واحدًا فقط! في الرسالة الشهيرة تلك التي أوردتْ كلام أينشتاين لفرانكلين روزفلت عن بدء مشروع مانهاتن، نبه فليورف ستالين إلى شكوكه. انتبه ستالين

للأمر، ويجنون العظمة جمع العشرات من علماء الفيزياء، واستهل معهم مشروع القنبلة الذرية الخاصة للاتحاد السوفياتي. ولكن «بابا جوزيف» حفظ جميل فليورف، ولم ينسَ ولاءَه قطّ.

في الوقت الحاضر، بعد معرفة كيف كان ستالين مرعبًا، فإنه من السهل أنْ تذم فليورف وتلقبه بليسينكو الثاني. مع بقاء فليورف صامتًا، قد لا يكون ستالين على علم بالقنبلة النووية حتى أغسطس 1945. حالة فليورف أيضًا تستحضر تفسيرًا محتملاً آخر لعدم فطنة روسيا العلمية: ثقافة التملق، والتي تعتبر لعنة على العلم. (خلال فترة مندليف، عام 1878، سمى جيولوجيٌّ روسيٌّ المعدن الذي يحتوي الساماريوم - العنصر اثنين وستين - تيمنًا باسم رئيسه، وهو عقيد يدعى سمارسكي؛ بيروقراطي منسي

ومسؤول عملية تعدين، أبسط أسم نسب لشخص أقل جدارة في الجدول الدوريّ).

ولكن حالة فليورف مبهمة. شاهد العديد من زملائه حياتهم تضيع، بما في ذلك 650 من العلماء جُمعوا في عملية تطهير لا تُنسى لنخبة أكاديمية العلوم، وقُتل كثير منهم بتهمة الغدر «معارضة التقدم». في عام 1942، كان فليورف - وعمره تسعة وعشرون عامًا، وذو موهبة وطموحات علمية عميقة يسعى لتحقيقها - محاصرًا في وطنه، وكان يعلم أنَّ اللعب بالسياسة أمله الوحيد للتقدم. ورسالة فليورف قامت بالعمل. كان إطلاق الاتحاد السوفياتي قنبلته الذرية في عام 1949من دواعي سرور ستالين وخلفائه، وبعد ثماني سنوات، وثق المسؤولون بالرفيقَ فليورف وأعطوه مختبرًا للبحوث، الذي كان في منشأة معزولة على بُعد ثمانين ميلاً خارج موسكو، في مدينة

دوبنا، وبعيد عن رقابة الدولة. مواءمة نفسه مع ستالين كانت مفهومة، مع أنها معيبة أخلاقيًّا.

في دوبنا، ركَّز فليورف بذكاء على «علم السبورة»ÍúÃ¡ المواضيع المرموقة، المقتصرة على فئة معينة، ومن الصعب جدًّا على الناس العاديين فهمها، ومن غير المرجح أنْ تُثير هذه المواضيع الأيديولوجيين ضيقي الأفق. وفي الستينيات، وبفضل مختبر بيركلي في إيجاد عناصر جديدة، تحولتْ عملية البحث عن العناصر مما كانت عليه لقرون - العملية التي تلطخ يديك بالحفر في الصخور الغامضة - إلى سعيٍ نبيل؛ حيث «وُجدتْ» فيها العناصر فقط على ملصقات أجهزة كشف الإشعاع التي تعمل بأجهزة الكمبيوتر (أو مثل أجراس إنذار الحريق). حتى إنَّ تحطيم جسيمات ألفا في العناصر الثقيلة لم يعد عمليًّا؛ حيث إنَّ العناصر الثقيلة لا تبقى طويلاً بما يكفي لتكون أهدافًا.

العلماء بدلاً من ذلك تعمّقوا في الجدول الدوريِّ، وحاولوا دمج العناصر الأخف وزنًا معًا. على السطح، كانت جميع هذه المشاريع حسابية. للعنصر 102، يمكنك نظريًّا تحطيم المغنيسيوم (اثني عشر) في الثوريوم (تسعين) أو الفاناديوم (ثلاثة وعشرين) في الذهب (تسعة وسبعين). القليل من المركبات تلتصق معًا، ومع ذلك، كان على العلماء استثمار الكثير من الوقت في العمليات الحسابية لتحديد أيٍّ من أزواج العناصر التي تستحق مالهم وجهدهم. درس فليورف وزملاؤه بجدٍّ، ونسخوا تقنيات مختبر بيركلي. ويرجع الفضل إليه في الجزء الأكبر من الجهد، حيث تجاهل الاتحاد السوفياتي سمعته بوصفه خاملاً في العلوم الفيزيائية في أواخر الخمسينيات. سيبورغ، وغيورسو، وبيركلي فازوا على الروس في العناصر 101¡ 102¡æ103. ولكن، في عام

1964، بعد سبع سنوات من سبوتنيك الأول، أعلن أعضاء فريق دوبنا أنهم قد كوَّنوا العنصرَ الأولَ 104.

هناك في «البركيليوم الكاليفورنيوم» ثار غضبٌ تلته صدمة؛ فقد كان مهينًا أنْ يقوم أعضاء فريق بيركلي بفحص النتائج السوفياتية، وليس من المستغرب أنْ يصفوها بأنها سابقة لأوانها بوضوح. وفي الوقت نفسه، بدأتْ مجموعة بيركلي تكوين العنصر 104 نفسه، الأمر الذي قام به فريق غيورسو، بنصيحة من قبل سيبورغ، في عام 1969. عند تلك النقطة، ومع ذلك، حصل فريق دوبنا على العنصر 105 أيضًا. مرة أخرى، سارعتْ بيركلي إلى اللحاق بالركب. طوال الوقت كان السوفييت يسيئون قراءة بياناتهم الخاصة؛ مما مثَّل قنبلة من الإهانة. أنتج كلا الفريقين العنصر 106 في عام 1974، تفصل بينهما أشهر فقط. وبحلول ذلك

الوقت، كانت الوحدة الدولية التي جمعها اسم المندليفيوم قد تبخرت.

لدعم مطالباتهم، بدأ كلٌّ من الفريقين تسمية عناصره. القوائم كانت صعبة التطبيق، ولكن من المثير للاهتمام أنَّ فريق دوبنا - وفقًا للبركيليوم - صاغ العنصر الدوبنيوم. من جانبها، سمَّت بيركلي العنصر 105 من اسم أوتو هان. وبعد إصرار غيورسو، سُمي العنصر 106 من اسم غلين سيبورغ، وهو لا يزال على قيد الحياة. هذه التسمية لم تكن عملاً «غير قانوني»، ولكنها كانت عملاً غير لبق من وجهة نظر الطبيعة الأمريكية الحساسة. في جميع أنحاء العالم، بدأت أسماء العناصر البارزة بالظهور في المجلات الأكاديمية، ولم تكن لدى طابعي الجداول الدوريّة أيُّ فكرة عن كيفية التعامل مع هذه الفوضى.

من المثير للدهشة أنَّ هذا النزاع امتد إلى التسعينيات. لمزيد من الإرباك، قام فريقٌ من ألمانيا الغربية بتجاوز مشاحنات الأميركيين والسوفييت، والمطالبة بالعناصر المتنازع عليها لصالحهم. في نهاية المطاف، كان على الاتحاد الدوليِّ للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) - وهي الهيئة التي تحكم الكيمياء - التدخل والتحكيم.

أرسلتْ (IUPAC) تسعة علماء إلى كل مختبر، في مهمة تستغرق عدة أسابيع؛ للتحقيق في الادعاءات والنظر في البيانات الأولية. اجتمع الرجال التسعة لعدة أسابيع من تلقاء أنفسهم أيضًا في محكمة التحكيم. في النهاية، أعلنوا أنَّ خصوم الحرب الباردة عليهم أنْ يتصافحوا ويتشاركوا الفضل في كل عنصر! هذا الحلُّ السلميُّ لم يُرضِ أحدًا؛ فالعنصر لا بدَّ أنْ يحمل اسمًا واحدًا فقط، وكان المربع على الجدول هو الجائزة الحقيقية.

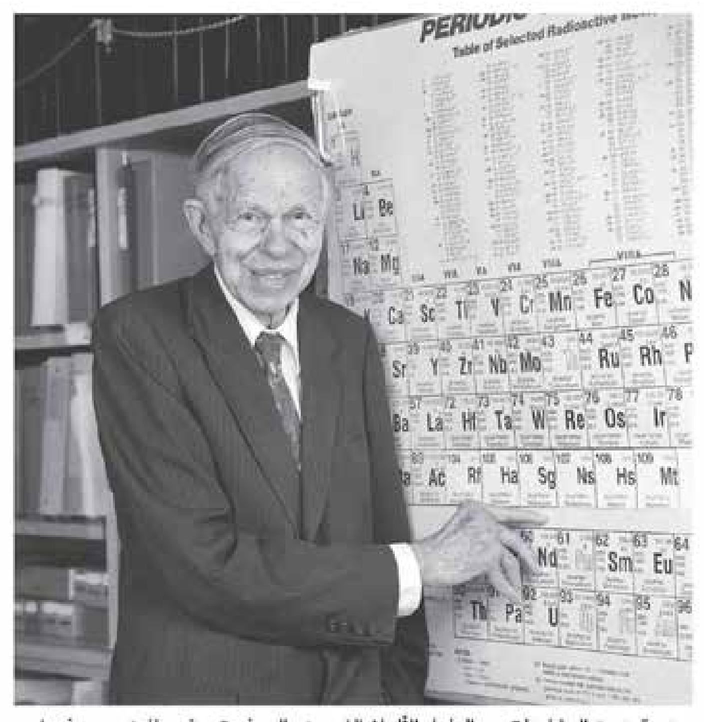
وأخيرًا، في عام 1995، أعلن المحكمين التسعة أسماءً رسميةً مبدئيًّا للعنصرين 104–109. الحلُّ الوسط أسعدَ دوبنا ودارمشتات (مكان المجموعة الألمانية الغربية)، ولكن عندما علم أعضاء فريق بيركلي بحذف السيبورغيوم من القائمة أصابتهم صدمة شديدة. ودعوا لمؤتمر صحفيٍّ ليقولوا في الأساس: «سنذهب إلى الجحيم معك؛ سنستخدمه في الولايات المتحدة في الهيئة». هيئة الكيمياء الأميركية القوية، التي تنشر المجلات المرموقة التي يحرص الكيميائيون في جميع أنحاء العالم إلى حد كبير على النشر بها، دعمتْ بيركلي. هذا الوضع غيَّر الطريقة الدبلوماسية؛ فاستسلم الرجال التسعة. عندما ظهرت القائمة النهائية (تحبها أو لا) في عام 1996، شملت السيبورغيوم للعنصر 106، فضلاً عن أسماء رسمية في الجدول اليوم: الرذرفورديوم (104)؛ الدوبنيوم (105)، البوريوم (107)، الهاسيوم (108)؛

والمايتنريوم (109). بعد فوزهم –بذكاء من العلاقات العامة التي أوجدتها مجلة نيويوركر - وضع فريق بيركلي سيبورغ العجوز بالقرب من جدول دوريٍّ ضخم، وبإصبعه الضعيفة يشير فقط نحو السيبورغيوم، والتقطت له صورة وهو يبتسم ابتسامة هادئة حلوة لا تفشي شيئًا عن الخلاف الذي استمر اثنين وثلاثين عامًا، والذي كان صدى للحرب الباردة. توفي سيبورغ بعد ثلاث سنوات من وقت التقاط الصورة.

ولكن قصة مثل هذه لا يمكن أن تنتهي بشكل جميل.

في التسعينيات، كانت كيمياء بيركلي قد استنفدت، وأصبحت في المرتبة التالية بعد نظيرتيها الروسية والألمانية. وفي تتابع سريع بشكل ملحوظ، بين عامي 1994æ1996 فقط، ختم الألمان العنصر 110؛ الدارمشتاتيوم (DS)، على اسم البلدة الألمانية التي تم اكتشافه بها، والعنصر º111

الروينتجينيوم (RG)، على اسم العالم الألمانيِّ الكبير فيلهلم رونتغن، والعنصر 112؛ آخر عنصر أضيف إلى الجدول



بعد عقود من المشاحنات مع العلماء الألمان الغربيين والسوفييت، يشير غلين سيبورغ برضى، والوهن بادٍ عليه، نحو العنصر الذي يحمل اسمه؛ السيبروغيوم، ذي الرقم 106، وهو العنصر الوحيد الذي سُمي على اسم شخص على قيد الحياة. (الصورة مقدمة من مختبر لورنس بيركلي الوطني)

الدوريِّ، في يونيو 2009، الكوبرنيسيوم (CN) [73]. إنَّ نجاح الألمان - بلا شكّ - يشرح سبب دفاع بيركلي عن مزاعمها عن مجد الماضي بعناد شديد؛ إذ لم يكن لديها احتمال الشعور بالفرح في المستقبل. ومع ذلك، رفضت

بيركلي الهزيمة، وقامت بتغيير في عام 1996 من خلال التعاقد مع بلغاريٍّ شاب يُدعى فيكتور نينيف - الذي كان له دور فعال في اكتشاف العنصرين 112æ110 - بعيدًا عن الألمان، سعيًا إلى تجديد مَجْد برنامج بيركلي. نينيف أعاد غيورسو من شبه التقاعد، «نينيف جيدٌ مثل الشاب آل غيورسو»؛ كان غيورسو يردد هذا دائمًا! وبدأ مختبر بيركلي في ركوب أمواج التفاؤل مرة أخرى.

تحضيرًا لعودتهم الكبيرة، في عام 1999 سعى فريق نينيف لتجربة مثيرة للجدل افترضها عالم الفيزياء النظرية البولنديُّ الذي كان يحسب أنَّ تحطيم الكريبتون (ستة وثلاثين) في الرصاص (اثنين وثمانين) يمكن أنْ ينتج منه العنصرُ 118. ندَّد الكثيرون بهذا الحساب باعتباره هراء، ولكن نينيف عزم على غزو أمريكا كما كان في ألمانيا،

فاندفع للتجربة بحماسة. تكوين عناصر في عدة سنوات، والحصول على عدة ملايين من الدولارات بحلول ذلك الوقت ليسا شيئًا يؤخذ كمقامرة، ولكن تجربة الكريبتون تمت بأعجوبة. ومن الجيد أن العنصر 118 انحل على الفور، وبقذف جسيم ألفا أصبح العنصر 116 موجودًا وهو الذي لم يكن موجودًا أيضًا. وبضربة واحدة، حصلتْ بيركلي على عنصرين! انتشرت الشائعات في حرم بيركلي حول أنَّ الفريق سيكافئ آل غيورسو الكبير بالعنصر 118 باسم غراسيوم ghiorsium»».

ولكن، عندما حاول الروس والألمان التأكُّد من النتائج، لم يتمكنوا من العثور على العنصر 118، لم يجدوا إلاّ عنصري الكريبتون والرصاص. ربما كانت هذه النتيجة الفارغة مطابقة، لذا أعاد أعضاء مجموعة من فريق بيركلي التجربة بأنفسهم، ولم يجدوا شيئًا حتى بعد شهور من

التحقق. وباضطراب، تدخلتْ إدارة بيركلي. عندما نظروا مرة أخرى في ملفات البيانات الأصلية للعنصر 118 لاحظوا شيئًا مثيرًا للاشمئزاز؛ لم تكن هناك أيٌّ بيانات! لا يوجد دليل على وجود العنصر 118 حتى آخر محاولة في تحليل البيانات، وعندما ظهرت «النتائج» فجأة من فوضى الشفرة الثنائية. أشارت كل الدلائل إلى أنَّ فيكتور نينيف - الذي كان مسيطرًا على أجهزة الكشف عن الإشعاع المهمة كلها وبرامج الكمبيوتر التي تشغلها - قد أدخل مؤشرات إيجابية كاذبة إلى ملفات البيانات، ومرَّرها باعتبارها حقيقية. لقد كان ذلك خطرًا غير متوقع لنهج سريٍّ لتوسيع الجدول الدوريّ: عندما توجد العناصر فقط على أجهزة الكمبيوتر، يمكن لشخص واحد أنْ يخدع العالم من خلال السيطرة على أجهزة الكمبيوتر.

وسط شعور بالخزي، تراجعت بيركلي عن المطالبة بالعنصر 118، وطردت نينيف من العمل، وعانى مختبر بيركلي صعوباتٍ كبيرةٍ في الميزانية التي هبطتْ إلى 10 بالمائة. حتى يومنا هذا، ينفي نينيف أنه زوَّر أي بيانات، على الرغم من أنَّ المختبر الألمانيَّ القديم أعاد فحص تجاربه هناك من خلال النظر في ملفات البيانات القديمة، وتراجَع أيضًا عن بعض (ولكن ليس كل) نتائج نينيف.

الأسوأ، توجَّه العلماء الأميركيون إلى السفر إلى دوبنا للعمل على العناصر الثقيلة، وهناك أعلن فريق دوليٌّ في عام 2006، بعد أنْ حطّم عشرة مليارات مليار من ذرات الكالسيوم في هدف (جرعة) الكاليفورنيوم، أنه أنتج ثلاث ذرات من العنصر 118.

وكان من المنطقيِّ المطالبة بالعنصر 118 محل النزاع. ولكن، إذا تم الاعتراض عليه - وبالتأكيد سيحدث هذا -

فإنَّ اكتشافه سوف يمحو أيَّ فرصة لظهور غراسيوم «ghiorsium» في الجدول الدوريِّ. كان الروس مسيطرين على الموقف لأنه حدث في مختبرهم، وقالوا إنَّ لهم نصيبًا من العنصر فليوريم «flyorium» من اسم العالم النوويِّ جورجي فليورف.

القسم الثالث:
ارتباك الجدول الدوريِّ، ظهور التعقيد

الفصل الثامن:

من علم الفيزياء إلى علم الأحياء

ارتقى غلين سيبورغ وألبرت غيورسو في البحث عن العناصر المجهولة إلى مستوى جديد من التطور، ولكنهما كانا بالكاد العالميْن الوحيديْن اللذيْن استطاعا الكتابة في مساحات جديدة في الجدول الدوريِّ. في الواقع، عندما سمَّت مجلة تايم خمسة عشر عالمًا من علماء الولايات المتحدة «رجال العام» لعام 1960، فإنها حين اختارت واحدًا من المكرمين، لم يكن سيبورغ أو غيورسو، وإنما كان أعظم حرفيٍّ في العناصر من حقبة سابقة؛ إنّه الرجل الذي

استطاع الإمساك بأكثر العناصر مراوغة، والعنصر الأصعب في الإحاطة به في الجدول كله، في حين كان سيبورغ لا يزال يدرس في كلية الدراسات العليا، وهو إميليو سيغري.

كان غلاف عدد مجلة تايم - في محاولة لتبدو مسايرة للتقدم - عبارة عن صورة تتوسطها نواة حمراء صغيرة لامعة، وبدلاً من الإلكترونات كانت محاطة بخمس عشرة صورة لوجوه رجال في وضع متكلِّف يتسم بالجدية والوقار. تضمنت هذه التشكيلة علماء في الوراثة، وعلماء في الفلك، وروادًا في الليزر، وباحثين في مجال السرطان، فضلاً عن صورة لوليام شوكلي؛ عالم الترانزستور الغيور، واختصاصي تحسين النسل المستقبليِّ. (حتى في هذا العدد، شوكلي لا يمكنه الإسهاب إلاّ على نظرياته في العِرق). وبالإضافة إلى الشعور بتميز الصورة، كان الطاقم لامعًا، وجعلت مجلة تايم

من هذه التشكيلة سببًا لها لتتفاخر بالهيمنة العالمية الأمريكية المفاجئة في العلم. في العقود الأربعة الأولى من جائزة نوبل إلى عام 1940، فاز العلماء الأمريكيون بخمس عشرة جائزة. وفي السنوات العشرين التالية فاز اثنان وأربعون[74].

سيغري المهاجر اليهوديُّ يعكس أيضًا الأهمية المتنامية للاّجئين خلال الحرب العالمية الثانية؛ باعتبارهم سببًا في الهيمنة العلمية الأمريكية المفاجئة. كان في الخامسة والخمسين من عمره، من بين الكبار الخمسة عشر. يظهر وجهه في أعلى يسار الغلاف، فوق صورة الرجل الكبير لينوس بولينغ ذي التاسعة والخمسين في الجزء الأسفل من الوسط. ساعد الرجلان في تحويل كيمياء الجدول الدوريِّ. وعلى الرغم أنهما ليسا صديقين حميمين، فقد تحدثا برسائل متبادلة حول موضوعات ذات اهتمام مشترك. كتب سيغري

في إحدى المرات لبولينغ يطلب مشورته بشأن تجارب مع البريليوم المشع. كما سأل بولينغ في وقت لاحق سيغري حول الاسم المؤقت للعنصر سبعة وثمانين (الفرانسيوم) والذي أسهم سيغري في اكتشافه، وبولينغ أراد أنْ يذكر ذلك في مقالة في الموسوعة البريطانية عن الجدول الدوريِّ.

الأكثر من ذلك، كان من الممكن بسهولة - في الواقع كان يجب - أن يكونا زميلين في هيئة تدريس. في عام 1922، كان بولينغ كيميائيًّا مُهمًّا متخرجًا من جامعة أوريغون، وكتب رسالة إلى جيلبرت لويس (الكيميائيّ الذي فقد جائزة نوبل) في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، يستفسر عن كلية الدراسات العليا هناك. للغرابة، لم يكلف لويس نفسه عناء الرد؛ لذلك التحق بولينغ بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، حيث قام بدور بارز كطالب وعضو في هيئة التدريس حتى عام 1981. في وقت لاحق فقط، أدركتْ

بيركلي أنها فقدت رسالة بولينغ. لو اهتم لويس بالرسالة، لكان بالتأكيد سيقابل بولينغ وآنذاك - نظرًا لسياسة لويس في الاحتفاظ بأكثر طلاب الدراسات العليا نبوغًا كأعضاء في هيئة التدريس - من شأنه أن يربط بولينغ ببيركلي مدى الحياة.

في وقت لاحق، انضمَّ سيغري إلى بولينغ هناك. في عام 1938، أصبح سيغري مرة أخرى أيضًا لاجئًا يهوديًّا آخر من الفاشية في أوروبا عندما أطاع بنيتو موسوليني هتلر وأقال جميع الأساتذة اليهود في إيطاليا. وبقدر ما كان ذلك سيئًا، كانت ظروف تعيين سيغري في بيركلي أكثر إذلالاً؛ كان سيغري متفرغًا في مختبر الإشعاع بيركلي، القريب الشهير لقسم الكيمياء. عندما أقيل، وجد سيغري نفسه فجأة بلا مأوى وخائفًا؛ فتوسل لمدير «مختبر راد» ليلحقه بوظيفة بدوام كامل. وافق المدير بالطبع، ولكن فقط براتب أقل؛

استغلالاً لموقف سيغري الذي لم تكن لديه خيارات أخرى، وأُجبر على قبول 60 في المئة حسمًا من 300 دولار شهريًّا إلى 116 دولارًا. أحنى سيغري رأسه وقَبِل، ثم أرسل لعائلته في إيطاليا، متسائلاً عن كيفية تمكنه من مساعدتهم.

تقدَّم سيغري بشكل طفيف، وخلال العقود القليلة التالية، هو وبولينغ (وخاصة بولينغ) أصبحا أسطورتين في مجال تخصصهما. وإلى يومنا هذا، يُعد الاثنان من أعظم العلماء الذين لم يسمع بهم معظم الأشخاص العاديين قط. لكن الارتباط المنسي الكبير بينهما - وهو ما لم تتطرق إليه مجلة تايم بالتأكيد - هو أنَّ بولينغ وسيغري موصومان إلى الأبد بعار الوقوع في اثنين من أكبر الأخطاء في تاريخ العلوم.

الآن، الأخطاء في العلم لا تؤدي دائمًا إلى نتائج مؤذية. المطاط المبركن، والتفلون، والبنسلين كانت كلها أخطاء.

اكتشف كاميلو جولجي تلوين الأوزميوم، وهي تقنية لجعل تفاصيل الخلايا العصبية مرئية، بعد إراقة هذا العنصر على أنسجة المخ. حتى الزيف المباشر - مثل ادعاء علماء القرن السادس عشر والكيميائي باراسيلسوس [75] أنَّ الزئبق، والملح، والكبريت هي الذرات الأساسية في الكون - ساعد الكيميائيين على الابتعاد عن الأنماط الغريبة في التفكير عن الذهب، والدخول في التحليل الكيميائيِّ الحقيقيِّ. الحماقات والأخطاء المباشرة دفعتْ العلم بالصدفة قدمًا على مر التاريخ.

لم تكن أخطاء بولينغ وسيغري تقليدية، بل كانت أخطاء من نوع «أغمض عينيك»æ¡«لا تنزعج». في دفاعهما عن هذه الأخطاء، كلا الرجلين كانا يعملان في مشاريع معقدة جدًّا، والتي على الرغم من أنها متعلقة بكيمياء الذرات المنفردة، الاّ أنّ تلك الكيمياء ساعدتهما على القفز في شرح

كيفية تصرف أنظمة الذرات. ثم مرة أخرى، كل منهما كان بإمكانه تجنُّب أخطائه من خلال الدراسة - أكثر من ذلك بقليل - بعناية التغيرات في الجدول الدوريِّ الذي ساعدا في توضيحه.

بمناسبة الحديث عن الأخطاء، لم يتم الادعاء باكتشاف أيِّ عنصر «للمرة الأولى» أكثر من مرات اكتشاف العنصر ثلاثة وأربعين، إنه وحش بحيرة لوخ نيس [76] في عالم العناصر!

في عام 1828 أعلن كيميائيٌّ ألمانيٌّ اكتشاف عناصرين جديدين: «بولنيم» «polinium»æ«بلورينيم» «pluranium» كان من المفترض أنَّ أحدهما هو العنصر ثلاثة وأربعون، ولكن اتضح أنَّ كليهما هما الإيريديوم غير النقيِّ. في عام 1846 اكتشف ألمانيٌّ آخر «المينيم» «ilmenium»» الذي كان في الواقع النيوبيوم. وفي العام

التالي، اكتشف شخص آخر «بلوبيم» «pelopium»؛ والذي كان النيوبيوم أيضًا. توابع العنصر ثلاثة وأربعين حصلت أخيرًا على بعض الأخبار الجيدة في عام 1869؛ عندما شيد مندليف جدوله الدوريَّ، وترك فجوة محيرة بين اثنين وأربعين وأربعة وأربعين. ومع ذلك، على الرغم من أنه علم جيد في حد ذاته، فقد شجع عمل مندليف الكثير من العلم السيئ أيضًا؛ لأنه شجع الناس على البحث عن شيء كانوا غير مستعدين للعثور عليه. المؤكد، أنه بعد ثماني سنوات، سجَّل أحد زملاء الروسيِّ مندليف العنصر «ديفيم» «davyium» في المربع ثلاثة وأربعين في الجدول، على الرغم من أنَّ هذا العنصر يزن 50 في المئة أكثر من المتوقع، وفي وقت لاحق اتضح أنه مزيج من ثلاثة عناصر. وأخيرًا، في عام 1896 اكتشف «لاوشم»

«lucium» - وأُهمل مثل الإيتريوم - في الوقت المناسب تمامًا من القرن العشرين.

أثبت القرن الجديد أنه أكثر قسوة؛ ففي عام 1909 اكتشف ماساتاكا أوغاوا «النوبونيم» «nipponium» الذي سماه على اسم موطنه (نيبون اليابانية). كانت كل العناصر «الثلاثة والأربعين» السابقة المزيفة ملوثة بجزء صغير من عناصر اكتشفت سابقًا. قد اكتشف أوغاوا في الواقع عنصرًا، ولكن ليس فقط ما زعمه. في ذروة السعي للوصول إلى العنصر ثلاثة وأربعين، تجاهل ثغرات أخرى في الجدول، ولا أحد يستطيع تأكيد عمله، وتراجع عن ذلك بخجل. فقط في عام 2004 أعاد أحد مواطنيه النظر في البيانات، وحدد أنه عزل العنصر خمسة وسبعين - الرينيوم - غير المكتشف أيضًا في ذلك الوقت، دون أنْ يعرف ذلك. رؤيتك لهذا الأمر تعتمد على ما إذا كنتَ شخصًا من النوع الذي ينظر

إلى نصف الكأس الممتلئ أو النصف الفارغ، فإذا كنتَ تعتقد أنَّ أوغاوا رضي بعد وفاته بمعرفة أنه اكتشف على الأقل شيئًا ما، أو أنه كان متألمًا بسبب خطئه الكبير.

تم اكتشاف العنصر خمسة وسبعين بشكل لا لبسَ فيه في عام 1925 على يد ثلاثة كيميائيين ألمان، أوتو بيرغ، وفريق مكون من الزوجين والتر وإيدا نودك. أطلقوا عليه اسم الرينيوم من اسم نهر الراين. في وقت واحد، أعلنوا مع ذلك محاولة أخرى في العنصر ثلاثة وأربعين، وأطلقوا عليه اسم «ماسوريم» «masurium» من اسم منطقة بروسيا.

وبالنظر إلى أنَّ القومية التي قد دمرتْ أوروبا قبل عقد من الزمان، فإنَّ علماء آخرين لم ينظروا بعين العطف إلى هذه الأسماء الألمانية وحتى الشوفينية على حد سواء، كان الراين وماسوريا موقعي انتصارات ألمانية في الحرب العالمية الأولى؛ مؤامرة على مستوى القارة قامت لتشويه سمعة

الألمان. بدتْ بيانات الرينيوم رصينة؛ لذا ركز العلماء على العمل الأضعف «ماسوريم» «masurium». ووفقًا لبعض العلماء المعاصرين، يمكن أنْ يكون الألمان قد اكتشفوا العنصر ثلاثة وأربعين، ولكن الورقة التي كتبها العلماء الثلاثة احتوت أخطاء مهملة، مثل المبالغة في تقدير عدة آلاف من أضعاف «ماسوريم» «masurium» الذي عزلوه. ونتيجة لذلك، كان العلماء مرتابين أيضًا من المطالبة بالعنصر ثلاثة وأربعين الذي أعلنوا أنهم عثروا عليه صالحًا.

فقط في عام 1937 قام إيطاليان اثنان بعزل العنصر، وهما إميليو سيغري وكارلو بيرييه، ولقيامهما بذلك، استفادا من عمل جديد في الفيزياء النووية. أثبت العنصر ثلاثة وأربعون أنه كان عنصرًا مراوغًا جدًّا حتى ذلك الحين؛ لأنَّ كلَّ ذرة منه تقريبًا في القشرة الأرضية قد انحلتْ منذ ملايين السنين بالإشعاع إلى الموليبدينوم؛ العنصر اثنين وأربعين.

لذا، بدلاً من غربلة طن من المواد الخام لشفط عدة أوقيات مجهرية منه (كما لدى بيرغ ونودك)، كان لدى الإيطاليين زميلٌ أمريكيٌّ غير معروف قام ببعض العمل.

قبل سنوات قليلة، اخترع الأمريكيٌّ إرنست لورنس (الذي وصف مرة ادعاء بيرغ ونودك للعنصر ثلاثة وأربعين «بالوهميِّ») محطم ذرة يسمى المسرّع الدورانيَّ (Cyclotron) لإنتاج العناصر المشعة. كان لورنس أكثر اهتمامًا في تكوين نظائر العناصر القائمة من تكوين عناصر جديدة، ولكن عندما زار سيغري مختبر لورنس في جولته في أمريكا في عام 1937، سمع سيغري أنَّ المسرّع الدورانيَّ يستخدم أجزاء من الموليبدينوم يمكن استبدالها إلى النقطة التي يصبح فيها عداد غيغر الداخليُّ الذي لديه مضطربًا. سأل بحرص إن كان بإمكانه أنْ ينظر إلى بعض القطع المتخلص منها. بعد أسابيع، بناء على طلب سيغري

أرسل لورنس بسعادة بضعة شرائط من الموليبدينوم المهترئة إلى إيطاليا في مغلف. أثبت حدس سيغري صحته؛ فقد وجد مع بيرييه على الشرائط آثارًا من العنصر ثلاثة وأربعين، وأستطاعا ملئ الفراغ الأكثر إحباطًا في الجدول الدوريِّ.

وبطبيعة الحال، لم يتخلى فريق الكيميائيين الألمان لم عن مطالباتهم بماسوريم «masurium»، حتى إنَّ والتر نودك زار سيغري وتشاجر معه في مكتبه في إيطاليا، وهو يرتدي ملابس مخيفة شبه عسكرية مزينة بالصليب المعقوف. هذا الأسلوب لم يقرِّبه إلى سيغري الفظِّ المتقلب الذي واجه أيضًا ضغطًا سياسيًّا في مسألة أخرى.

المسؤولون في جامعة باليرمو، حيث يعمل سيغري، كانوا يدفعونه لتسمية العنصر الجديد باسم «بانويوم»

«panormium» من الاسم اللاتينيِّ لباليرمو. ربما القلق بسبب الهزيمة القومية من اسم ماسوريم «masurium» جعل سيغري وبيرييه يختاران بدلاً منه اسم التكنيتيوم، من الكلمة اليونانية «مصطنع». كان الاسم مناسبًا ولو أنه ثقيل على النطق، حيث إنَّ التكنيتيوم يُعتبر أول عنصر من صنع الإنسان. ولكن الاسم لا يمكن أنْ يجعل من سيغري شخصًا مشهورًا. وفي عام 1938 قام بالترتيب للتفرغ والعمل في الخارج في بيركلي، تحت إشراف لورنس.

لا يوجد دليل على أنَّ لورنس كان يحمل ضغينة ضد سيغري بسبب ملاحظة الموليبدينوم، ولكنه بخس من قدر سيغري في وقت لاحق من ذلك العام. في الواقع، فقد قال لورنس لسيغري وهو غافل عن طبيعة المشاعر الإيطالية، كيف أنه كان سعيدًا بادخاره 184 دولارًا شهريًّا للإنفاق على المعدات، مثل المسرّع الدورانيِّ الثمين. كان هذا دليلاً آخر

على أنَّ لورنس - في جميع مهارته لتأمين الأموال وتوجيه البحوث - كان بليدًا في التعامل مع الناس. بقدر ما كان لورنس يوظف العلماء المتألقين، فإنَّ أسلوبه الديكتاتوريّ دفع الآخرين للابتعاد عنه؛ حتى الشخص الذي كان داعمًا له، غلين سيبورغ، الذي قال ذات مرة إنَّ العالم الشهير لورنس æ«مختبر راد» كثير الحساد - وليس الأوروبيين - كان عليهم أنْ يكتشفوا النشاط الإشعاعيَّ الاصطناعيَّ والانشطار النوويَّ، الذي يعتبر أهم الاكتشافات في العلوم في ذلك الوقت وأخطرها. ولتفويتهم الاثنين، قال سيبورغ آسفًا: كان «فشلاً ذريعًا».

قد يكون سيغري مع ذلك متعاطفًا مع لورنس على هذا الموضوع الماضي. سيغري كان المساعد الأول للفيزيائيِّ الإيطاليِّ الأسطوريِّ إنريكو فيرمي في عام 1934 عندما أعلن فيرمي للعالم (عن طريق الخطأ، كما اتضح) أنه بقذف

عينات اليورانيوم بالنيوترونات «اكتشف» العنصر ثلاثة وتسعين، وعناصر ما بعد اليورانيوم الأخرى. كانت لدى فيرمي سمعة باعتباره صاحب أسرع بديهة في العلم، ولكن في هذه الحالة كان حكمه السريع قد ضلله. في الواقع؛ فقد فقَدَ حقة أكثر في اكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم، مع أنه في الواقع قد حفَّز انشطار اليورانيوم قبل أنْ يدرك أيٌّ شخص آخر ذلك بسنوات. عندما أنكر العلماء الألمان الاثنان صحة نتائج فيرمي في عام 1939، ذهل مختبر فيرمي كله، كان بالفعل قد حصل على جائزة نوبل لهذا الغرض، فشعر سيغري بضيق. كان فريقه مسؤولاً عن تحليل العناصر الجديدة وتحديدها. والأسوأ من ذلك أنه يتذكر على الفور أنهم (وغيرهم) قد قرأوا ورقة عن إمكانية الانشطار في عام 1934، وهو تجاهلها على أنها أوهام لا أساس لها؛ الورقة التي كانت لسوء الحظ، منسوبة لإيدا نودك[77].

سيغري، الذي أصبح في ما بعد مؤرخًا للعلوم (بالإضافة إلى كونه باحثًا مشهورًا في الفطر البريِّ) كتب عن خطأ الانشطار في كتابيْن، يقول جملته الموجزة في كل مرة: «الانشطار أفلت منا، على الرغم من أنه كان موجَّهًا إلينا تحديدًا من إيدا نودك التي أرسلتْ لنا مقالاً كانت تشير فيه وبوضوح إلى إمكانيته.... سبب تجاهلنا ليس واضحًا» [78]. (من باب الفضول التاريخيِّ، أشار أيضًا إلى أنَّ اثنين من الأشخاص الذين كانوا قريبين من اكتشاف الانشطار، نودك وإيرين جوليو كوري - ابنة ماري كوري - وكذلك الشخص الذي اكتشفه في نهاية المطاف، ليز مايتنر، كانوا جميعًا من النساء).

للأسف، تعلَّم سيغري درسه عن فقدان عناصر ما بعد اليورانيوم حرفيًّا جدًّا، وسرعان ما وقع في فشل يحسب عليه.

في عام 1940، افترض العلماءُ أنَّ العناصر قبل اليورانيوم وبعده هي معادن انتقالية فحسب. ووفقًا لهذه الحسابات، يقع العنصر تسعون في العمود الرابع، ويقع أول عنصر غير طبيعيٍّ، ثلاثة وتسعون، في العمود السابع تحت التكنيتيوم. لكن، كما يظهر في الجدول الحديث، العناصر بالقرب من اليورانيوم ليست معادن انتقالية. إنها تقع تحت العناصر الأرضية النادرة في الجزء السفليِّ من الجدول، وتتصرف مثل العناصر الأرضية النادرة، وليس مثل التكنيتيوم، في التفاعلات الكيميائية. سبب عمى الكيميائيين في ذلك الوقت واضح؛ فعلى الرغم من ولائهم للجدول الدوريِّ، إلا أنهم لم يأخذوه على محمل الجد بما فيه الكفاية. إنهم يعتقدون ببساطة - على الأقل في الماضي - أنَّ العناصر الأرضية النادرة استثناءاتٌ غريبة لا تتكرر للكيمياء المتقلبة، ولكنها تكررتْ؛ اليورانيوم - وغيره - أخفاء الإلكترونات في مدارات

f، تمامًا مثل العناصر الأرضية النادرة. بالتالي، يجب عليها تجاوز أماكنها في الجدول الدوريّ الرئيس والتصرف مثلها في التفاعلات. بعد مرور سنة على «قنبلة» اكتشاف الانشطار، قرر زميل قريب من سيغري القيام بمحاولة مرة أخرى للعثور على العنصر ثلاثة وتسعين؛ لذا عرَّض بعض اليورانيوم للإشعاع في المسرّع الدورانيِّ؛ معتقدًا (للأسباب المذكورة أعلاه) أنَّ هذا العنصر الجديد سوف يتصرف مثل التكنيتيوم، وطلب من سيغري المساعدة، حيث إنَّ سيغري اكتشف التكنيتيوم ويعرف كيمياءه على نحو أفضل من أيِّ شخص آخر.

سيغري، الباحث الحريص عن العناصر، اختبَر العينات. وبعد مشورة مرشده سريع البديهة فيرمي، أعلن أنها تتصرف مثل العناصر الأرضية النادرة، وليست مثل قريبها الثقيل التكنيتيوم. أعلن سيغري أنَّ الانشطار النوويَّ يعتبر أكثر

إضجارًا، ونشر ورقة تحت عنوان كئيب: «البحث غير الناجح عن عناصر ما بعد اليورانيوم».

ولكن، في حين تقدَّم سيغري، شعر الزميل إدوين ماكميلان باضطراب. جميع العناصر لها بصمة مُشعَّة فريدة من نوعها، و»العناصر الأرضية النادرة» لسيغري لديها بصمة مختلفة عن العناصر الأرضية النادرة، الأمر الذي يثير غموضاً. بعد تفكير دقيق أدرك ماكميلان أنَّ العينات ربما تصرفتْ مثل العناصر الأرضية النادرة؛ لأنها كانت قريبة كيميائيًّا من العناصر الأرضية النادرة، وتباينتْ في الجدول الدوريِّ الرئيس أيضًا. حتى إنه أعاد الاختبارات الإشعاعية والكيميائية مع شريك له، واستبعدا سيغري من البحث، واكتشفا على الفور أول عنصر لا يوجد في الطبيعة؛ وهو النبتونيوم. المفارقة جيدة جدًّا في أنها لم تشر إلى أنهما استبعدا سيغري. تحت إشراف فيرمي، أخطأ

سيغري في تحديد نتائج الانشطار النوويِّ باعتبارها عناصر ما بعد اليورانيوم. أشار غلين سيبورغ بقوله: «على ما يبدو، لم يتعلم من تلك التجربة. رأى سيغري مرة أخرى أنه لا حاجة إلى المتابعة مع الكيمياء الحذرة». في خطأ معاكس تمامًا، أخطأ سيغري بإهماله التعرف على عنصر ما بعد اليورانيوم؛ النبتونيوم كمنتج للانشطار.

لا شكَّ في أنه غضب من نفسه كعالم، وربما كمؤرخ للعلم يمكن أنْ يقدر سيغري ما حدث بعد ذلك. فاز ماكميلان بجائزة نوبل في الكيمياء عام 1951 على هذا العمل. لكن الأكاديمية السويدية كانت قد كافأت فيرمي لاكتشافه عناصر ما بعد اليورانيوم، لذا بدلاً من اعترافها بهذا الخطأ، فإنها كافأتْ ماكميلان فقط عن التحقيق في «كيمياء عناصر ما بعد اليورانيوم» (هكذا كتبتْ). ثم مرة

أخرى، حيث إنَّ الكيمياء الدقيقة والخالية من الخطأ أدتْ به إلى الحقيقة، فربما هناك تفسير آخر.

***

لم يكن سعيُ سيغري بقوة لمصلحته يعدُّ شيئًا بالمقارنة مع عبقريٍّ من جنوب كاليفورنيا، هو لينوس بولينغ.

بعد حصوله على الدكتوراه في عام 1925، أمضى بولينغ ثمانية عشر شهرًا في ألمانيا. في ذلك الوقت، كانت ألمانيا هي المركز العلميَّ العالميَّ. (فكما يتواصل جميع العلماء اليوم باللغة الإنجليزية، كان من الواجب عليهم آنذاك أنْ يتحدثوا الألمانية) ولكن ما تعلَّمه بولينغ، وهو لا يزال في العشرينيات من عمره، أنَّ ميكانيكا الكم في أوروبا دفعت كيمياء الولايات المتحدة سريعًا للتفوق على الكيمياء الألمانية، ودفعته هو نفسه إلى غلاف مجلة تايم.

باختصار، عرف بولينغ كيف تتحكم ميكانيكا الكم بالروابط الكيميائية بين الذرات؛ قوة الرابطة، طول الرابطة، زاوية الرابطة، وكل شيء تقريبًا. كان يعتبر ليوناردو ديفينشي الكيمياء؛ فقد قام في الكيمياء بمثل ما قام به ليوناردو في رسم البشر، وحصل على التفاصيل التشريحية الحقيقية لأول مرة. وطالما أنَّ الكيمياء هي في الأساس دراسة تكوين الذرات وكسر الروابط، فقد أعاد بولينغ بمفرده الحياة لهذا المجال الراكد. كان جديرًا بمقولة هي من أهم ما قيل في التقدير العلميِّ على الإطلاق، ووردت على لسان أحد الزملاء: إنَّ بولينغ أثبت «أنَّ الكيمياء يمكن أنْ تُفهَم بدلاً من أن تحفظ» (هكذا كُتبتْ).

بعد هذا الانتصار، واصل بولينغ اللعبَ مع الكيمياء الأساسية. وسرعان ما عرف أنَّ رقاقات الثلج سداسية الشكل

بسبب بنية الجليد السداسية. في الوقت نفسه، كان بولينغ حريصًا جدًّا على تجاوز الكيمياء الفيزيائية مباشرة. كان أحد مشاريعه على سبيل المثال تفسير سبب قتل فقر الدم المنجليِّ الناس، وعرف أنَّ الهيموغلوبين المشوَّه في خلايا الدم الحمراء لدى هؤلاء المرضى لا يمكنه الإبقاء على الأكسجين. هذا العمل على الهيموغلوبين برز كمرة أولى لأيٍّ شخص يتتبع مرضًا إلى مسببه في خلل جُزَيْئِي [79] ¡ وغيَّر أفكار الأطباء عن الطب. ثم في عام 1948، عندما كان بولينغ مريضًا بالأنفلونزا، قرر إحداث ثورة في علم الأحياء الجزيئيِّ من خلال إظهار كيف يمكن للبروتينات أنْ تشكل أسطوانات طويلة تسمى الحِلِزون أَلْفا. وظيفة البروتين تعتمد إلى حد كبير على شكل البروتين، وكان بولينغ أول من عرف كيف «تعرف» الأجزاء المكونة في البروتينات ما هو شكلها السليم.

في جميع هذه الحالات، كان اهتمام بولينغ الحقيقيُّ (إلى جانب الفوائد الواضحة في الطب) منصبًّا على كيفية ظهور خصائص جديدة، بشكل عجيب، عندما تتجمع الذرات الصغيرة ذاتيًّا في الهياكل الأكبر حجمًا. الزاوية الرائعة حقًّا هي أنَّ الأجزاء غالبًا لا تدل على أيِّ إشارة عن الجميع. وحيث إنه لا يمكنك التخمين إلاّ إذا نظرتَ إليها، فتلك الذرات الفردية للكربون، والأكسجين، والنيتروجين يمكن أن تعمل معًا في شيء مفيد مثل الأحماض الأمينية، يمكن ألاّ تكون لديك أيٌّ فكرة عن أنَّ بعض الأحماض الأمينية يمكنها طيّ نفسها في جميع البروتينات التي في الكائنات الحية. هذا العمل - دراسة النظام البيئي الذري - يعدُّ تصعيدًا في تطور تكوين العناصر الجديدة. ولكن هذا التطور أيضًا ترك مساحة أكبر لإساءة التفسير والأخطاء. على المدى الطويل،

أثبت نجاح بولينغ السهل مع الحِلِزون أَلْفا مفارقة: لو لم يتخبط مع جزيء حلزونيٍّ آخر، وهو الحمض النوويُّ الريبي منقوص الأكسجين (الدي إن أي) DNA، لأصبح بالتأكيد واحدًا من أكبر خمسة علماء في التاريخ.

مثل معظم الآخرين، لم يكن بولينغ مهتمًّا بالحمض النوويِّ الريبي منقوص الأكسجين (الدي إن أي) حتى عام 1952؛ على الرغم من أنَّ عالم الأحياء السويسري فريدريش ميشر قد اكتشف (الدي إن أي) في عام 1869. قام ميشر بذلك عن طريق سكب كحول وعُصارة معدة الخنزير على الضمادات المشبعة بالصديد (التي أعطته إياها المستشفيات المحلية بكل سرور) حتى بقيتْ مادة ملتصقة رمادية دبقة. عند إجراء الاختبار، أعلن ميشر فورًا وبشكل فرديٍّ أنَّ الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين على قدْر من الأهمية في علم الأحياء. للأسف، أظهرت التحاليل

الكيميائية نسبًا عالية من الفوسفور. في ذلك الوقت، كانت البروتينات هي الجزء الوحيد المثير للاهتمام في الكيمياء الحيوية، وبما أنَّ البروتينات لا تحتوي مطلقًا على الفوسفور فقد تم الحكم على (الدي إن أي) باعتباره بقايا وزوائد جزيئية[80].

فقط تجربة مثيرة مع الفيروسات في عام 1952 عكستْ ذلك التحيز؛ حيث هاجمت الفيروسات خلايا عن طريق الالتصاق بها. وبعد ذلك، كما يفعل البعوض حقنتها بمعلومات وراثية مختلفة. ولكن، لا أحد يعرف ما إذا كان (الدي إن أي) أو البروتينات قد حملت تلك المعلومات. لذا، استخدم اثنان من علماء الوراثة كاشفات إشعاعية لوضع علامة على كلٍّ من الفوسفور في فيروسات (الدي إن أي) الغنية بالفوسفور والكبريت في البروتينات الغنية بالكبريت.

عندما فحص العلماء بعض الخلايا المهاجمة، وجدوا أنَّ الفوسفور المشع قد حُقن ودخل الخلية ولكن لم يحدث ذلك مع البروتينات الكبريتية. البروتينات إذًا لا يمكن أنْ تكون حاملة للمعلومات الجينية. كان ذلك هو الحمض النوويّ الريبي منقوص الأكسجين (الدي إن أي)[81].

ولكن، ما هو الحمض النوويُّ الريبي منقوص الأكسجين (الدي إن أي)؟ كل ما عرفه العلماء عنه وقتها أنه يتشكل في سلاسل طويلة، وتتألف كل سلسلة من عمود فقرى من تعاقُب السكر والفوسفات. وهناك أيضًا الأحماض النووية التي ترتبط بالعمود الفقرى مثل المقابض على المحور. ولكن شكل السلاسل وكيفية ارتباطها يعتبران سرّين في غاية الأهمية. كما أظهر بولينغ مع الهيموغلوبين والحلزون الألفا، الشكل يتصل اتصالاً وثيقًا بكيفية عمل الجزيئات. وسرعان

ما أصبح شكل (الدي إن أي) المسألة الأهم في علم الأحياء الجزيئية.

بولينغ - مثل كثير من العلماء الآخرين - يفترض أنه كان ذكيًّا بما فيه الكفاية للرد على ذلك. وبدون مبالغة، كان بولينغ ببساطة عالمًا لا يقبل الهزيمة أو اليأس! لذا، في عام 1952 بقلم رصاص، ومسطرة، وبعض البيانات السطحية، جلس بولينغ في مكتبه في كاليفورنيا لكشف سر (الدي إن Ã أ). قرَّر أولاً، وبشكل غير صحيح، أنَّ الجزء الأكبر من الأحماض النووية تقع على السطح الخارجيِّ لكل سلسلة. وغير هذا، لم يستطع معرفة كيف يمكن للجزيئات أن ترتبط معًا. وفقًا لذلك، أدار العمود الفقرى من تعاقب السكر والفوسفات نحو قلب الجزيء. استنتج بولينغ أيضًا - وذلك باستخدام بيانات غير صحيحة - أنَّ (الدي إن أي) كان الحلزون الثلاثيَّ؛ وهذا لأنه تم أخذ البيانات الخاطئة من

(Ï íÅäÃ í) جافٍّ وميتٍ، والذي يلتف على نحو مختلف من (الدي إن أي) الرطبِ الحيِّ؛ التفافات غريبة تجعل الجزيء يبدو أكثر التواءً مما هو عليه، يلتف حول نفسه ثلاث مرات. ولكن على الورق، هذا يبدو معقولاً.

كل شيء كان يسير بشكل جيد حتى طلب بولينغ من طالب دراسات عليا أنْ يتأكد من حساباته. فعل الطالب ذلك، وسرعان ما أصابه التوتر لمحاولة معرفة أين الخطأ والصواب في حسابات بولينغ. في نهاية المطاف، ألمح الطالب إلى بولينغ أنَّ جزئيات الفوسفات لا تبدو ملائمة لسبب أساسيٍّ!

على الرغم من التركيز في دروس الكيمياء على الذرات المحايدة، فإنَّ الكيميائيين الخبراء لا يفكرون بالعناصر بهذه الطريقة. في الطبيعة - خصوصًا في علم الأحياء - العديد من العناصر موجودة كأيونات؛ ذرات مشحونة. في الواقع،

وفقًا للقوانين التي ساعد بولينغ في استنباطها، إنَّ ذرات الفوسفور في (الدي إن أي) لديها دائمًا شحنة سالبة وبالتالي تتنافر. لا يمكنها أنْ تحزم ثلاثة شرائط فوسفات في قلب (الدي إن أي) دون أنْ تنفصل كل منها على حدة.

شرح طالب الدراسات العليا هذا لبولينغ الذي بدوره تجاهله بأدب. كان تصرفًا غريبًا من بولينغ أنْ ينزعج من شخص طلب منه التأكد من بياناته إذا لم يرد من البداية الاستماع إليه! ولكن سبب تجاهل بولينغ للطالب واضحٌ؛ إنه يريد أنْ يحظى وحده بكل المجد العلميِّ؛ يريد أنْ تكون كل فكرة عن (الدي إن أي) له؛ لذا خالف دقته المعتادة، وافترض أنَّ التفاصيل التشريحية للجزيء تعمل بنفسها، ودفع بنموذج الفوسفور ونموذج الشرائط الثلاثية إلى الطباعة في أوائل عام 1953.

وفي الوقت نفسه، على الضفة الأخرى من الأطلنطي، كان اثنان من طلاب الدراسات العليا المغامرين في جامعة كامبردج يفحصان نسخًا مسبقة من أوراق بولينغ. حيث إنَّ ابن لينوس بولينغ (بيتر) كان يعمل في المختبر نفسه مع جيمس واتسون وفرانسيس كريك [82]، وقدَّم الورقة لهما على سبيل المجاملة. الطالبان المغموران أرادا بحرص حلَّ معضلة (الدي إن أي) لبدء حياتهما المهنية. وما قرآه في ورقة بولينغ أدهشهم؛ فلقد سبق لهما أنْ صمما نموذجًا مماثلاً في العام الماضي ولكنهما صرفا النظر عنه، فشعرا بالحرجِ والندم عندما عرض عليهما الزميل الحلزون الثلاثيَّ على قطعة عملهما الرديئة.

بينما كانا يؤنبان نفسيهما، قامت زميلة لهما - وتدعى روزاليند فرانكلين - بإفشاء السر. روزاليند متخصصة في دراسة البلورات بالأشعة السينية؛ العلم الذي يظهر أشكال

الجزيئات. في وقت سابق من ذلك العام، كانت قد درست (الدي إن أي) الرطب من الحيوانات المنوية للحبار، واستنتجت أنَّ أنه ثنائيَّ الشريط. بولينغ، أثناء دراسته في ألمانيا، كان قد درس علم البلورات أيضًا، وربما أمكنه كشف سر (الدي إن أي) على الفور لو اطلع على بيانات روزاليند الجيدة. بياناته عن (الدي إن أي) الجاف كانت من أيضًا من البلورات بالأشعة السينية. ومع ذلك، باعتباره متحررًا صريحًا، تم سحْب جواز بولينغ من المكارثية في وزارة الخارجية الأمريكية، ومنعه من السفر إلى إنجلترا في عام 1952 لحضور مؤتمر مهم، وهناك ربما كان سيسمع عن عمل روزاليند. وعلى عكس روزاليند، واتسون وكريك لم يتشاركا البيانات مع المنافسين. بدلاً من ذلك، تحملا إهانة روزاليند، وابتلعا كبرياءهما، وبدآ العمل مع أفكارهما. بعد

فترة وجيزة، رأى واتسون وكريك أخطاءهما السابقة كافة في ورقة بولينغ.

وسط إحساس بعدم التصديق، أسرعا إلى مستشارهما وليام براغ. فاز براغ بجائزة نوبل قبل عقود. ولكن في الآونة الأخيرة أصبح يشعر بالمرارة من خسارته الاكتشافات المهمة - مثل شكل حلزون ألفا - لصالح بولينغ، منافسه المتفاخر æ(كما قال أحد المؤرخين) «سليط اللسان والباحث عن الدعاية». منع براغ واتسون وكريك من العمل على (الدي ÃäÅ í) بعد الحرج الذي سببته «الشرائط الثلاثية». ولكن، عندما أطلعاه على أخطاء بولينغ، واعترفا أنهما يريدان مواصلة العمل في سرية، رأى براغ أنها فرصة للفوز على بولينغ أيضًا، وسمح لهما مرة أخرى بالعودة إلى (الدي إن Ã í).

في البداية، كتب كريك رسالة إلى بولينغ مشككًا يسأل: كيف يبقي قلب الفوسفور سليمًا، وهذا مستحيل وفقًا لنظريات بولينغ نفسه؟! هذا شتت بولينغ مع حسابات عقيمة. حتى في الوقت الذي نبه بيتر أباه بولينغ أنَّ الطالبين اقتربا، أصر بولينغ أن نموذجه الحلزون الثلاثي الذي توصل إليه صحيح؛ مع علمهما أنَّ بولينغ كان عنيدًا - ولكن ليس غبيًّا - وسوف يرى الأخطاء التي ارتكبها في وقت قريب، تسابق واتسون وكريك في الأفكار. إنهما لم يقوما بإجراء التجارب، بل اكتفيا بتفسير بيانات الآخرين ببراعة. وفي عام 1953؛ انتزعا في النهاية الفقرة المفقودة من عالِمٍ آخر.

هذا الرجل أخبرهما أنَّ الأحماض النووية في (الدي إن Ã í) أربعة، هي اختصارًا: Ã¡ Ó¡ Ë¡ Ì) تظهر دائمًا بنسب مقترنة كما يلي: إذا كانت عينة (الدي إن أي) هي 36 في المائة في Ã)، فستكون دائمًا 36 في المئة في (Ë)

كذلك. الشيء نفسه مع (Ó)æ(Ì). من هنا أدرك واتسون وكريك أنَّ (Ã¡ Ó¡ Ë¡ Ì) [83] يجب أن ترتبط هكذا داخل (الدي إن أي). (ومن المفارقات، أن ذلك العالم قد قال لبولينغ قبل سنوات الشيء نفسه على متن سفينة سياحية، ولكن بولينغ تجاهل زميله الثرثار وتركه يقضي إجازته متضايقًا) ما هو أكثر من ذلك، معجزة من المعجزات، تلك الأزواج الثنائية من الأحماض النووية التي تتآلف معًا بشكل مريح، مثل أجزاء الصورة الواحدة. هذا يوضح لماذا (الدي ÅäÃ í) متراصة بإحكام معًا، التراص الذي يبطل سبب بولينغ الرئيس في تحويل الفوسفور إلى الداخل. لذا، بينما كان بولينغ يكافح مع نموذجه، حوَّل واتسون وكريك الفوسفور إلى الخارج. لذلك، إنّ أيونات الفوسفور السالبة لا تلمس. أعطاهما هذا نوعًا من شكل السلم الملتوي؛ الحلزون المزدوج الشهير. كل شيء فُحص ببراعة، وقبل أنْ يفيق

بولينغ من الصدمة [84] نشرا هذا النموذج في عدد 25 أبريل 1953، بمجلة نيتشر.

إذًا، كيف تفاعل بولينغ مع الإذلال العلنيِّ من الحلزون الثلاثيِّ والفوسفور المقلوب، وخسارته - لصالح مختبر براغ - في اكتشاف القرن البيولوجيِّ الكبير؟ بنُبل شديد يليق بشخص في مكانته التي يتمناها الجميع، اعترف بولينغ بأخطائه، وبهزيمته، بل إنه شجع واتسون وكريك من خلال دعوتهما لحضور مؤتمر مهنية نظم في أواخر عام 1953. كان بولينغ ذا طبع شريف؛ أثبت ذلك نضاله في وقت مبكر مع الحلزون المزدوج.

كانت السنوات التالية لعام 1953 أفضل بكثير لكلٍّ من بولينغ وسيغري. في عام 1955 اكتشف سيغري وبعد عالم آخر في بيركلي، أوين تشامبرلين، مضاد البروتون.
مضادات البروتونات صورة طبق الأصل من البروتونات

العادية: لديها شحنة سالبة، وقد تتحرك عبر الزمن إلى الوراء، والمخيف أنها قد تبيد أيَّ جسم «حقيقيٍّ» مثلي أنا أو أنت من خلال الاتصال به.

بعد التنبؤ عام 1928 بوجود المادة المضادة، اكتُشف نوع واحد من المادة المضادة؛ المضاد للإلكترون (æÃ البوزيترون) بسرعة وسهولة في عام 1932. ومع ذلك، إنَّ البروتون المضاد أثبت أنه التكنيتيوم المراوغ في عالم فيزياء الجسيمات. حقيقة أنَّ سيغري تعقبه بعد سنوات من بدايات خاطئة وادعاءات مشكوك فيها تشهد على مثابرته. لهذا السبب، وبعد أربع سنوات، نُسيت زلاته، وفاز سيغري بجائزة نوبل في الفيزياء [85] كما يستحق، واستعار سترة إدوين ماكميلان البيضاء لحضور حفل الأكاديمية.

بعد خسارته في (الدي إن أي)، حصل بولينغ على جائزة ترضية: نوبل أخرى متأخرة في الكيمياء عام 1954.

وكعادته تشعَّب بولينغ إلى مجالات جديدة. محبطًا من نزلات البرد المزمنة، بدأ التجارب على نفسه عن طريق أخذ جرعات كبيرة من الفيتامينات، ويبدو أنَّ الجرعات عالجته؛ كما أخبر الآخرين بحماسة.

في نهاية المطاف، أتاح له تميزه - باعتباره فائزًا بجائزة نوبل - فرصة الدخول بقوة في عالم المكملات الغذائية حتى اليوم، بما في ذلك الفكرة المشكوك فيها علميًّا (مع الأسف!) وهي أنَّ الفيتامين (C) يمكن أنْ يعالج نزلات البرد.
وبالإضافة إلى ذلك، بولينغ - الذي رفض العمل في مانهاتن - أصبح ناشطًا منددًا بالأسلحة النووية في العالم، ويسير في المظاهرات، ويكتب الكتب التي تحمل عناوين مثل «لا مزيد من الحروب!»، حتى إنه فاز مرة ثانية وعلى غير انتظار في عام 1962، بجائزة نوبل للسلام؛ ليصبح الشخص الوحيد الذي فاز باثنتين من جوائز نوبل دون

مشاركة. فاز على كل حال، وشاركه على المنصة في ستوكهولم تلك السنة اثنان من الحائزين على جائزة في الطب أو علم وظائف الأعضاء: جيمس واتسون وفرانسيس كريك.

الفصل التاسع:

الممرُّ المسمَّم «í Â¡í Â»

Am (95, 243) | Th (90, 232.038) | Bi (83, 208.980) | Tl (81, 204.383) | Cd (48, 112.412)

تعلَّم بولينغ أنَّ القواعد الصعبة التي تحكم علم الأحياء هي القواعد الأكثر دقة التي تحكم الكيمياء. يمكنك تقريبًا أنْ تتجاوز حدود الأحماض الأمينية كيميائيًّا وتنتهي بالنتيجة نفسها من الإثارة، ولكن بجزيئات سليمة. البروتينات الضعيفة والأكثر تعقيدًا في الكائنات الحية سوف تذبل تحت الضغط نفسه، سواء أكان ذلك بفعل الحرارة، أو الحمض، أو الأسوأ من ذلك كله: العناصر المارقة. أكثر العناصر جنوحًا يمكن أنْ تستغل أيَّ عدد من نقاط الضعف في الخلايا

الحية، وغالبًا عن طريق إخفاء نفسها كمعادن منشطة ومغذيات دقيقة. والقصص عن كيفية تدمير تلك العناصر المبدعة الحياة - استغلال «الممر المسمم» - تقدِّم واحدًا من الجوانب المظلمة في الجدول الدوريِّ.

أخف عنصر في الممر المسمم هو الكادميوم، والذي يرجع إلى سمعة سيئة في منجم قديم وسط اليابان. بدأ عمال المناجم البحثَ عن المعادن الثمينة في مناجم كاميوكا في عام 710 ã. على مدى القرون التالية، أنتجتْ جبال كاميوكا الذهب والرصاص والفضة، وكان الحكام العسكريون ورجال الأموال يتنافسون على موقع الأرض.

ولكن، ليس قبل ألف ومائتي سنة بعد ضرب أول عرق بدأ عمال المنجم باستخراج الكادميوم؛ المعدن الذي أصبحت بسببه سمعة المنجم مشينة، وأحدثَ صراخ «إيتاي - إيتاي!» المعبر عن الألم والمعاناة في اللغة اليابانية.

اشتعلت الحرب الروسية اليابانية في 1904–1905، ثم الحرب العالمية الأولى بعد عقد من الزمن، وبشكل كبير تزايد الطلب اليابانيُّ على المعادن - بما في ذلك الزنك - لاستخدامها في صناعة الدروع والطائرات والذخيرة. يقع الكادميوم تحت الزنك في الجدول الدوريِّ، والمعدنان يمتزجان بشكل يصعب تمييزه في القشرة الأرضية. لتنقية الزنك المستخرج من كاميوكا، قام عمال المنجم على الأرجح بتحميصه مثل القهوة، وقطَّروه مع الحمض، وأزالوا الكادميوم. في أعقاب ظهور الأنظمة البيئية في تلك الفترة، قاموا بإغراق بقايا حمأة الكادميوم في مجاري المياه أو على الأرض؛ حيث عَلِق بمنسوب المياه الجوفية.

لا أحد يفكر اليوم في التخلص من الكادميوم بهذه الطريقة؛ فقد أصبح أغلى ثمنًا بعد استخدامه في طلاء البطاريات وقطع غيار الكمبيوتر، حيث يمنع التآكل. كما أنَّ

له تاريخًا طويلاً من الاستخدام في الأصباغ، والدباغة، واللحام. في القرن العشرين، يُستخدم طلاء الكادميوم اللامع أيضًا في تصنيع أكواب الشرب العصرية. ولكن هناك سببًا رئيسًا للتخلص من الكادميوم اليوم؛ وهو أنَّ لديه دلالات طبية مرعبة إلى حدٍّ ما. الشركات المصنِّعة سحبت العلب المعدنية العصرية التي تحوي الكادميوم في تركيبها من الأسواق لأنَّ المئات من الناس يمرضون كل عام عندما يشربون فيها عصير الفاكهة الحمضية - مثل عصير الليمون - حيث يرشح الكادميوم من جدران الوعاء. وعندما ازدادتْ أمراض الجهاز التنفسيِّ لدى عمال الإنقاذ في موقع (جراوند زيرو) بعد هجمات 11 سبتمبر 2001 الإرهابية، اشتبه بعض الأطباء مباشرة بالكادميوم من بين مواد أخرى، حيث إنَّ انهيار برجيْ مركز التجارة العالمي قد بخَّر الآلاف من الأجهزة الإلكترونية. كان هذا الافتراض غير صحيح،

لكنه يقول كيف يشير مسؤولو الصحة بأصابع الاتهام بشكل مباشر إلى العنصر ثمانية وأربعين.

للأسف، كان هذا الاستنتاج منعكسًا بسبب ما حدث قبل قرن من الزمان بالقرب من مناجم كاميوكا. في وقت مبكر من عام 1912، لاحظ الأطباء هناك أنَّ مزارعي الأرز المحليين يقعون صرعى لأمراض جديدة فظيعة مثل التواء المفاصل وآلام العظام المبرحة؛ وخصوصًا النساء اللاتي مثَّلنَ تسعة وأربعين من كل خمسين حالة! وانتشرتْ هشاشة العظام لديهنَّ، وتكسرتْ عظامهنّ من ضغط المهام اليومية، لدرجة أنَّ إحدى الفتيات كُسِر رسغها بينما كان الطبيب يمسكه لقياس النبض!

المرض الغريب انتشر في الثلاثينيات والأربعينيات عندما اجتاحت النزعة العسكرية اليابان. الطلب على الزنك جعل الخامات والرواسب الطينية تنهمر من الجبال، ومع أنَّ

المقاطعة المحلية (ما يوزاي الولاية في اليابان) تجنبت القتال الفعليَّ، فقد عانى القليل من المناطق كثيرًا أثناء الحرب العالمية الثانية مثل تلك المناطق التي حول منجم كاميوكا. كما تسلل المرض من قرية إلى قرية، وأصبح المرض يعرف «إيتاي - إيتاي!» «Ãæ Â› Âí í»، من صرخات الألم بعد نجاة الضحايا.

فقط بعد الحرب، في عام 1946، قام طبيب محليٌّ، يدعى نوبورو هاجينو، بدراسة مرض إيتاي إيتاي، واشتبه في أول الأمر أنَّ السبب هو سوء التغذية، ولكن هذا الاحتمال لم يكن مؤكدًا، لذا حوَّل تركيزه إلى المناجم التي تحوي وسائل التكنولوجيا الغربية الفائقة، والتي تتناقض مع حقول المزارعين البدائية. بمساعدة من أستاذ الصحة العامة، رسم هاجينو تخطيطًا بيانيًّا عن الحالات الوبائية إيتاي إيتاي. كما قدَّم خريطة هيدرولوجية عن توزيع المياه تُظهر

مكان مصبِّ نهر شنزو الذي يجري وسط المناجم، ويروي حقول المزارعين من مسافة أميال. وبمطابقة الخرائط، وبعد اختبار المحاصيل المحلية، أدرك هاجينو أنَّ الأرز كان سفنجة الكادميوم!

وكشف العمل المضني في علم الأمراض سريعًا عن الكادميوم. الزنك معدن أساسيٌّ، وتمامًا كما يختلط الكادميوم والزنك في الأرض، فإنهما يتعارضان في الجسم عن طريق استبدالهما في الجسم. الكادميوم أيضًا يطرد أحيانًا الكبريت والكالسيوم، وهو ما يفسر سبب تأثر عظام الناس. للأسف، الكادميوم عنصر أخرق، ولا يمكنه أداء الأدوار البيولوجية نفسها التي يؤديها غيره. بل الأكثر من ذلك للأسف، عندما يتسلل الكادميوم إلى الجسم، فإنه لا يمكنه أنْ يخرج! اشتباه هاجينو بسوء التغذية لعب أيضًا دورًا مفيدًا في الوصول لهذه النتيجة؛ حيث إنَّ النظام الغذائيَّ المحليَّ يعتمد بشكل كبير

على الأرز الذي يفتقر إلى العناصر الغذائية الأساسية. لذا، إنَّ أجسام المزارعين تعاني من نقص في بعض المعادن. حاكى الكادميوم تلك المعادن جيدًا بما فيه الكفاية، حيث إنَّ خلايا المزارعين - بسبب الحرمان الغذائيِّ - بدأتْ في نسجه في أعضائهم بمعدلات أعلى حتى من المعادن الغذائية الأخرى.

خرج هاجينو للجمهور مع نتائجه في عام 1961. وكما هو متوقع ومنطقيٌّ، نفتْ شركة التعدين والصهر ميتسوي المسؤولية القانونية عن جميع المخالفات (إنها فقط اشترت الشركة التي سببت الضرر). والمخزي أنَّ ميتسوي لم تكتفِ بالتهرب من المسؤولية، بل وتزعمتْ أيضًا حملة لتشويه سمعة هاجينو. عندما شكلتْ لجنة طبية محلية للتحقيق في إيتاي - إيتاي، تأكدتْ ميتسوي من أنَّ اللجنة استبعدتْ هاجينو؛ الخبير العالميَّ في المرض المتوطن. استمر

هاجينو في العمل على الحالات المكتشفة حديثًا من إيتاي إيتاي في ناجازاكي، التي عزَّزت اتهامه فقط. في نهاية المطاف، اضطرت اللجنة المحلية الفاسدة والمتواطئة ضد هاجينو للاعتراف بأنَّ الكادميوم كان وراء المرض. وبناءً على هذا الحكم الضعيف، قضتْ لجنة الصحة في الحكومة الوطنية التي لم تستطع الإنكار أمام أدلة هاجينو الدامغة بأنَّ الكادميوم يسبب إيتاي إيتاي. بحلول عام 1972، بدأتْ شركة التعدين دفع تعويضات لنحو 178 من الناجين الذين حصلوا بشكل جماعيٍّ على أكثر من 23 مليار يِن سنويًّا. بعد ثلاثة عشر عامًا، والرعب من العنصر ثمانية وأربعين لا يزال يسيطر على اليابان، عندما أراد صناع الأفلام قتل الوحش غدزيلا في فيلم «عودة غدزيلا» فإنَّ الجيش اليابانيَّ في الفيلم نشر صواريخ ذات رؤوس من الكادميوم؛ على

اعتبار أنَّ القنبلة الهيدروجينية أعطتْ غدزيلا الحياة، وكانت هذه نظرة قاتمة جدًّا لهذا العنصر.

ومع ذلك، لم يكن مرض إيتاي إيتاي حادثًا فريدًا في اليابان خلال القرن الماضي؛ فقد تكررت المأساة ثلاث مرات أخرى في بداية القرن العشرين؛ مرتين مع الزئبق، ومرة واحدة مع ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين؛ ووَجد القرويون اليابانيون أنفسهم ضحايا التسمم الصناعيّ الشامل، وتُعرَف هذه الحالات باسم أمراض التلوث الأربعة الكبيرة في اليابان. وبالإضافة إلى ذلك، آلاف آخرون عانوا من التسمم بالإشعاع عندما أسقطت الولايات المتحدة قنبلتي اليورانيوم والبلوتونيوم على الجزيرة عام 1945. ولكن القنبلتان الذريان وثلاثة من الأربعة الكبيرة، كانت قد سبقتها محرقة صامتة طويلة بالقرب من كاميوكا، إلا أنها لم تكن صامتة بالنسبة للشعب هناك، «إيتاي إيتاي».

من المخيف أنَّ الكادميوم ليس الأكثر سُمية بين العناصر. إنه يقع فوق الزئبق، السم العصبيِّ [86]. وإلى يمين الزئبق تقع أفظع العناصر إجرامًا في الجدول الدوريِّ - الثاليوم، والرصاص، والبولونيوم - قلب الممر المسمَّم.

إنّ تجمُّع هذه المجموعة إلى حدٍّ ما صدفة، ولكن هناك أسبابًا صحيحة كيميائية وفيزيائية للتركيز المرتفع من السموم في الزاوية الجنوبية الشرقية. أولها أنَّ هذه المعادن الثقيلة لا يمكنها أن تتبخر. الصوديوم والبوتاسيوم الخام، إذا تناولتَ أحدهما فسوف تنفجر كل خلية داخلك عند ملامستها له لأنهما يتفاعلان مع الماء. ولكن البوتاسيوم والصوديوم المتفاعلين جدًّا لا يظهران نقيين في شكلهما الخطير في الطبيعة. عناصر الممر المسمم دقيقة جدًّا، فيمكنها التسلل بعمق داخل الجسم قبل الانفجار. ما هو أكثر من ذلك، يمكن لهذين العنصرين (مثل العديد من المعادن الثقيلة)

التخلي عن أعداد مختلفة من الإلكترونات تبعًا للظروف. على سبيل المثال، في حين يتفاعل البوتاسيوم دائمًا مثل K+، الثاليوم يمكن أنْ يكون T 1+Ãæ T 1+3 ونتيجة لذلك، يمكن أنْ يحاكي الثاليوم العديدَ من العناصر، ويتملص إلى العديد من البيئات البيوكيميائية المختلفة.

هذا هو السبب في أنَّ الثاليوم، العنصر واحدًا وثمانين، يعتبر العنصر الأكثر فتكًا في الجدول. الخلايا الحيوانية لديها قنوات أيونية خاصة تسمح بمرور البوتاسيوم، وينتقل الثاليوم في الجسم عبر تلك القنوات، وغالبًا عن طريق مسام الجلد. عندما يكون داخل الجسم، يبدأ الثاليوم في التظاهر بأنه البوتاسيوم، ويبدأ بحلِّ شفرات الأحماض الأمينية داخل البروتينات ويكشف تفاصيلها؛ مما يجعلها عديمة الفائدة. وعلى عكس الكادميوم، إنَّ الثاليوم لا يتوقف في العظام أو

الكليتين، ولكن تنتشر الجزيئات في هجوم مغوليٍّ؛ وكل ذرة منه يمكنها التسبب في حجم هائل من الخسائر!

لهذه الأسباب، إنَّ الثاليوم معروف كعنصر مسمم، وخاصة للأشخاص الذين لديهم استمتاع مرضي في دسّ السموم بالمواد الغذائية والمشروبات. في الستينيات، بدأ فتى بريطاني سيئ السمعة يدعى جراهام فريدريك يونغ [87] - بعد قراءة روايات مثيرة عن السفاحين - تجارب على أسرته عن طريق رش الثاليوم في أقداح الشاي وأواني الحساء. وسرعان ما أُرسِل إلى مصحة عقلية. ولكن، في وقت لاحق، ولأسباب مجهولة، أُفرِج عنه. وبعد هذه المرحلة سَمَّم سبعين شخصًا آخرين، بمن في ذلك عدد من رؤسائه. توفي منهم ثلاثة فقط؛ بعد أنْ تأكد يونغ من إطالة معاناتهم مع جرعات أقل من مميتة.

ضحايا يونغ ليسوا الوحيدين في التاريخ. فالثاليوم لديه سجل شنيع [88] في قتل الجواسيس، والأيتام، والخالات الثريات. ولكن، بدلاً من تخفيف المشاهد الأكثر قتامة، ربما من الأفضل أنْ نذكر هجوم العنصر واحد وثمانين في تجربة كوميدية سوداء معترف بها. خلال سنوات الهوس بكوبا، دبرت وكالة المخابرات المركزية خطة لرشِّ جوارب فيدل كاسترو بمسحوق بودرة ملوثة بمادة الثاليوم. ابتهج الجواسيس؛ خصوصًا أنَّ السُّم من شأنه أنْ يسبب سقوط كل شعره، بما في ذلك لحيته الشهيرة؛ الأمر الذي يؤمل أنْ يؤدي إلى إضعاف كاسترو أمام رفاقه قبل قتله. لم يرِد تفسير عن سبب العدول عن هذه الخطة!!

وهناك سبب آخر للثاليوم والكادميوم وغيرهما من العناصر ذات الصلة لكي تعمل بشكل جيد كسموم؛ وهو أنها تلتصق إلى الأبد. أنا لا أعني أنها تتراكم في الجسم

فقط كما يفعل الكادميوم، بل في الواقع، إنها مثل الأكسجين! تلك العناصر قد تشكل نوى شبه كروية مستقرة لا تصبح مشعة. وبالتالي، إن كمية لا بأس بها من كل منها لا تزال موجودة في القشرة الأرضية. على سبيل المثال، أثقل عنصر مستقر أبديٍّ - الرصاص - يقع في المربع اثنين وثمانين، رقم سحري. وأثقل عنصر بالكاد مستقر - البزموت - يقع بجواره في المربع ثلاثة وثمانين.

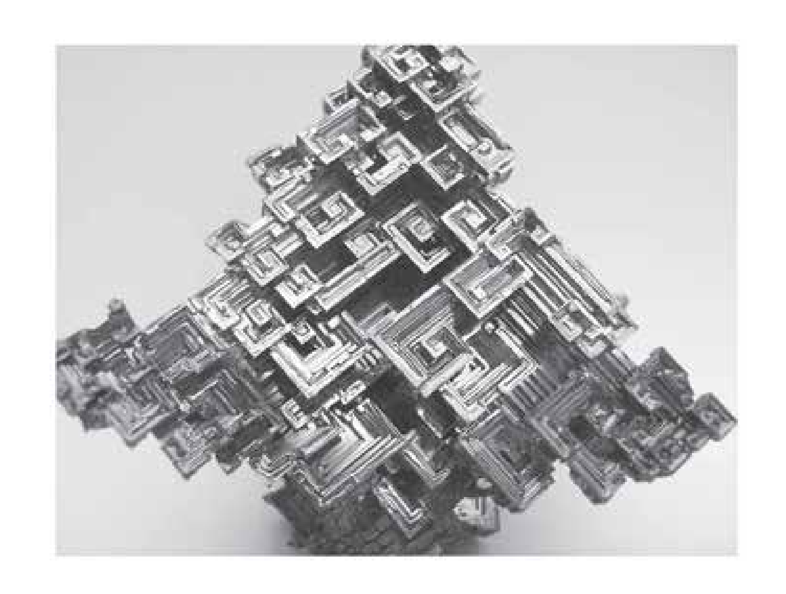
لأنَّ البزموت يلعب دورًا مفاجئًا في الممر المسمم، فهذه نظرة فاحصة لمزايا هذا العنصر غريب الأطوار. بعض الحقائق السريعة عن البزموت: على الرغم من أنه معدن أبيض يشوبه اللون الورديُّ، يحترق البزموت بلهب أزرق، وتنبعث منه أبخرة صفراء. ومثل الكادميوم والرصاص، وجد أنَّ البزموت يُستخدم على نطاق واسع في مواد الطلاء والأصباغ، وغالبًا ما يحل محل «الرصاص الأحمر» في

الألعاب النارية المعروفة باسم بيض التنين. أيضًا، من عدد لا حصرَ له تقريبًا من المواد الكيميائية المحتملة التي يمكن أنْ تكونها من خلال الجمع بين العناصر في الجدول الدوريِّ، فإنَّ البزموت واحد من العناصر النادرة التي تتمدد بالتجمد. قد لا نفهم كيفية حدوث هذا، ولكنه يشبه طبقة الجليد التي تطفو على سطح البحيرات، بينما الأسماك تسبح تحته. نظرية بحيرة البزموت تشبه هذه الطريقة، ولكن في الغالب بطريقة فريدة في الجدول الدوريِّ؛ حيث إنَّ المواد الصلبة تحزم نفسها دائمًا بشكل أكثر إحكامًا من السوائل. ما هو أكثر، إنَّ البزموت أصبح تحفة مزخرفة مفضلة توضع على سطح المكتب، وحلية ديكور لخبراء المعادن وهواة العناصر؛ لأنه يمكن أن يشكّل الصخور المعروفة باسم الكريستال النطاط الذي يغيِّر نفسه إلى درجات متداخلة من ألوان قوس القزح. البزموت المجمَّد حديثًا قد يبدو مثل

تحويل رسومات ماوريتس كورنيليس إيشر [89] إلى ألوان تكنيكولور[90] لتتبض بالحياة.

ساعد البزموتُ العلماءَ في سبر أعماق بنية المواد المشعة كذلك. على مدى عقود، لم يتمكن العلماء من الاتفاق بشأن الحسابات المتضاربة حول ما إذا كانت عناصر معينة تستمر حتى نهاية الوقت. لذلك في عام 2003، أخذ الفيزيائيون في فرنسا البزموت النقيَّ، ولفّوه في هياكل معدنية متطورة لمنع أيِّ تدخل خارجيٍّ محتمل، وسلطوا الكاشفات حوله في محاولة لتحديد عمره النصفيِّ؛ أيْ مقدار الوقت الذي سيستغرقه 50 في المئة من العينة لتتفكك. نصف العمر قياس معروف للعناصر المشعة، إذا كان مقدار عنصر مشع (Ó) بحجم 100 باوند يأخذ 3. 14159 سنة ليسقط 50 باوندًا، إذًا العمر النصفيُّ للعنصر

(Ó) هو 3. 14159 سنة. وبعد 3. 14159 سنة أخرى، سيتبقى لديك خمسة وعشرون باوندًا. توقعت النظرية النووية أنَّ العمر النصفيَّ للبزموت هو عشرون مليار سنة؛ أي أطول بكثير من عمر الكون. (يمكنك ضرب عمر الكون في نفسه وستقترب من الرقم نفسه، ولا تزال لديك فقط نصف فرصة لرؤية أيٍّ ذرة محددة من البزموت تختفي). كانت التجربة الفرنسية تشبه إلى حدٍّ ما مسرحية «في انتظار غودو»[91]. ولكنها عملتْ بشكل مثير للدهشة. جمع العلماء الفرنسيون ما يكفي من البزموت، وتذرعوا بالصبر ليشاهدوا عددًا منه يضمحل. أثبتتْ هذه النتيجة أنه بدلاً من كونه أثقل ذرة مستقرة، فإنَّ البزموت سيعيش طويلاً بما يكفي ليكون العنصر الأخير المنقرض.



التواء ألوان تكنيكولور القوية من الكريستال النطاط عندما يبرد عنصر البزموت إلى نمط بلوريٍّ متدرج. يمتد العرض بحجم راحة يد شخص كبير.

(تجربة مماثلة لعمل بيكيت تجري الآن في اليابان لتحديد ما إذا كانت جميع المادة سوف تتفكك في نهاية المطاف. حسَبَ بعض العلماء البروتونات؛ وهي اللبنات الأساسية للعناصر، ومستقرة إلى حدٍّ ما، مع عمر نصفي على الأقل 100 مليار تريليون تريليون سنة. بأعصاب هادئة، وضَعَ مئاتٌ من العلماء حوض ماء نقي ومقطر جدًّا عميقًا داخل المنجم، وحاصروه بحلقات من أجهزة استشعار

شعريّةٍ hair–trigger sensors، حتى يظل تحت مراقبتهم في حال انشطار البروتون، وهذا غير مرجح باعتراف الجميع، ولكن هذا الاستخدام أكثر رحمة من منجم كاميوكا من قبل).

حان الوقت للاعتراف بالحقيقة الكاملة عن البزموت. ليكن، بالفعل هو من الناحية الفنية مشعٌّ، وإحداثياته في الجدول الدوريِّ تعني أنَّ العنصر ثلاثة وثمانين ينبغي أنْ يكون مروعًا بالنسبة لك؛ فهو يشترك في عمود مع الزرنيخ والإثمد، ويقع بين أسوأ السموم والمعادن الثقيلة. ومع ذلك، إنّ البزموت في الواقع حميدٌ حتى من الناحية الطبية؛ ويصفه الأطباء لتهدئة القرحة، وهو موجود «مرة أخرى» في علبة الدواء الوردية الفاقعة «بيبتو بيسمول». (عندما يصاب الناس بالإسهال بسبب تناول عصير الليمون الملوث بالكادميوم، فإنَّ الترياق عادة هو البزموت). عمومًا، ربما

يكون البزموت أكثر عنصر موجود في مكان غير ملائم له على الجدول. هذا الكلام قد يسبب الكدر بين الكيميائيين والفيزيائيين الذين ينشدون الاتساق الرياضيّ في الجدول. حقًّا، إنه دليل آخر على أنَّ الجدول مليء بقصص غنية وغير متوقعة إذا كنتَ تعرف أين تنظر فيها.

في الواقع، بدلاً من وصْم البزموت بالشذوذ والغرابة، يمكنك أنْ تعتبره نوعًا من «المعدن النبيل». فكما تقبع الغازات النبيلة السلمية بالجدول الدوريِّ بهدوء بين مجموعتين من العناصر العنيفة - ولكنها عنيفة بشكل مختلف - يضع البزموت المسالم علامة انتقال الممر المسمم من السموم التقليدية المؤلمة بشدة ومسببة التقيؤ إلى السموم المشعة الحارقة؛ كما هو موضح أدناه.

يقع وراء البزموت عنصر البولونيوم؛ المسمِّم الأكبر في العصر النوويِّ. مثل الثاليوم، إنه يسبب تساقط الشعر؛ كما

اكتشف العالم في نوفمبر عام 2006 عندما تعرض ألكسندر ليتفينينكو للتسمّم، وهو عميل (الكي جي بي) السابق، من خلال دسِّ القليل من البولونيوم في وجبة السوشي التي تناولها في أحد مطاعم لندن. بعد البولونيوم (بعد تخطي العنصر فائق الندرة الأستاتين) يقع الرادون. كغاز نبيل، غاز الرادون عديم اللون والرائحة ويتفاعل مع أيِّ شيء. ولكن كعنصر ثقيل، إنه يعمل على إزاحة الهواء، ويدخل الرئتين، ويطلق جسيمات مشعة مميتة تؤدي حتمًا إلى سرطان الرئة؛ مجرد وسيلة أخرى يمكن بها للممر المسمم أنْ يؤذيك.

في الواقع، النشاط الإشعاعيُّ يهيمن على الجزء السفليِّ من الجدول الدوريِّ. إنه يلعب الدور نفسه الذي تقوم به قاعدة الثمانيات للعناصر بالقرب من أعلى الجدول: تقريبًا، كل شيء مفيد حول العناصر الثقيلة مستمد من كيفية

تحولها إلى عناصر مشعة. قد تكون أفضل وسيلة لتوضيح هذا من خلال قصة شاب أمريكيٍّ يذكِّرنا بجراهام فريدريك يونغ، كان لديه شغف بالعناصر الخطرة. لكن ديفيد هان لم يكن معتلاّ اجتماعيًّا. له مراهقته الكارثية التي نبعتْ من الرغبة في مساعدة الناس. أراد أنْ يحل أزمة الطاقة في العالم، وكسر اقتصارها على النفط السيّئ للغاية - بالطريقة السيئة نفسها التي يتصرف بها المراهق عندما يصمم على فعل شيء ما - ديفيد هان ابن ديترويت ذو الستة عشر عامًا، وكجزء من مشروع النسر الكشفيِّ السريِّ، عمل بنهم شديد، في منتصف التسعينيات، حتى إنه أقام مفاعلاً نوويًّا في مخزن في الفناء الخلفيِّ لمنزل والدته[92].

بدأ ديفيد صغيرًا؛ متأثرًا بكتاب بعنوان الكتاب الذهبيُّ للتجارب الكيميائية الذي كُتِب بأسلوب جاد كما في أفلام البكرات التعليمية في الخمسينيات. نشأ متحمسًا جدًّا

للكيمياء، لدرجة أنَّ صديقة والدته نهته عن التحدث إلى الضيوف في حفلاتها، لأنه كان لا يتحدث حديثًا عقلانيًّا وهم على المائدة، بل يتحدث بلا تفكير عن معلومات تثير الاشمئزاز حول المواد الكيميائية في الطعام الذي يأكلونه! لكن اهتمامه لم يكن مجرد نظرية. كغيره من الكيميائيين اليافعين، كوَّن ديفيد بسرعة صندوقه من مجموعة الكيمياء، وبدأ اللعب بالمواد الكيميائية العنيفة بما فيه الكفاية لتفجير جدران غرفة نومه وإحراق السجاد؛ وسرعان ما عاقبته والدته بنقل غرفته إلى الطابق السفليِّ، ثم إلى المخزن في الفناء الخلفيِّ الذي كان مناسبًا جدًّا له! على عكس العديد من العلماء المبتدئين، لا يبدو أنَّ ديفيد حصل على كيمياء أفضل. في إحدى المرات، قبل اجتماع الكشافة، صبغ جلده باللون البرتقاليِّ عندما انفجرتْ مادة كيميائية مقلَّدة لتسمير الجلد كان يعمل عليها في وجهه. وكشخص يحاول بجهل

مع الكيمياء، فجَّر بطريق الخطأ وعاءً يحتوي على البوتاسيوم النقيِّ بواسطة ضربه بمفك البراغي، كانت فكرة سيئة جدًّا؛ فقد ظل طبيبُ العيون - على أثرها - يلتقط القطع البلاستيكية من عينيه على مدى أشهر.

حتى بعد ذلك، استمرت الكوارث. على الرغم من حجته، قام ديفيد بمشاريع متزايدة التعقيد، مثل مفاعله. بدأ بتطبيق القليل من المعرفة التي استقاها حول الفيزياء النووية؛ ولكنه لم يتعلمها في المدرسة (لم يكن متفوقًا، بل كان طالبًا عاديًّا)، بل استقاها من نشرات مؤيدي الطاقة النووية الحماسية التي كتبها، من المراسلات مع المسؤولين الحكوميين الذين كانوا يعتقدون أنَّ «السيد هان» ابن الستة عشر عامًا يرغب في استنباط حيل عن التجارب الوهمية للطلاب.

من بين أمور أخرى، تعلَّم ديفيد عن ثلاث عمليات نووية رئيسة: الاندماج، والانشطار، والتحلل الإشعاعيِّ. اندماج الهيدروجين يزوِّد النجوم بالطاقة، ويُعدُّ العملية الأقوى والأكثر كفاءة، ولكنه يلعب دورًا صغيرًا في الطاقة النووية على الأرض؛ بما أنه لا يمكننا أنْ نعيد إنتاج درجات الحرارة والضغوطات اللازمة لإشعال الاندماج. اعتمد ديفيد بدلاً من ذلك على انشطار اليورانيوم والنشاط الإشعاعيِّ من النيوترونات، وهي من نتائج الانشطار. العناصر الأثقل مثل اليورانيوم تعاني صعوبةً في الحفاظ على البروتونات ذات الشحنة الإيجابية مرتبطة بأنويتها الصغيرة؛ حيث تتنافر لتشابه الشحنة، لذا تتراص في النيوترونات لتكون بمثابة مصدات. عندما تنشطر ذرة ثقيلة إلى ذرتين أخف وزنًا متساويتَي الحجم تقريبًا، فإنَّ الذرات الأخف تتطلب عددًا أقل من مصدات النيوترون؛ لذا تطلق النيوترونات الزائدة. أحيانًا

يتم امتصاص تلك النيوترونات بواسطة الذرات الثقيلة القريبة التي تصبح غير مستقرة، وتطلق نيوترونات أكثر في التفاعل التسلسليِّ. في القنبلة، يمكنك أنْ تدع فقط تلك العملية تحدث. المفاعلات تتطلب المزيد من الاحتكاك والسيطرة، حيث إنك تريد سلسلة الانشطار على مدى فترة áæØÃ. وكان العائق الهندسيُّ الرئيس الذي واجه ديفيد بعد انشطار ذرات اليورانيوم وإطلاق النيوترونات هو أن الذرات الأخف الناتجة مستقرة، وغير قادرة على إدامة التفاعل التسلسليِّ. ونتيجة لذلك، تموت المفاعلات التقليدية بالتدريج بسبب نقص الوقود.

أدرك ديفيد كل هذا - وللذهاب إلى أبعد من شعار الكشافة للطاقة الذرية الذي كان يسعى له (في الواقع) - قرر بناء «مفاعل توليد»، وصنع الوقود من خلال مزيج ذكيٍّ من المواد المشعة. مصدر المفاعل الأولي من الطاقة

سيكون مقذوفات اليورانيوم 233، والتي تتشطر بسهولة. (233 يعني أنَّ اليورانيوم لديه 141 نيوترونًا زائد 92 بروتونًا؛ لاحِظ الفائضَ من النيوترونات) ولكن اليورانيوم سوف يكون محاطًا بغلاف خارجيٍّ من عنصر أخف قليلاً هو الثوريوم 232. بعد إحداث الانشطار، فإنَّ الثوريوم يمتص النيوترون ويصبح الثوريوم 233. الثوريوم 233 غير المستقر يخضع لتحلل بيتا من خلال إطلاق الإكترون، ولأنَّ الشحنة متوازنة دائمًا في الطبيعة، عندما يفقد الإلكترون سالبًا، فإنَّ الثوريوم يحوِّل أيضًا نيوترونًا إلى بروتون موجب. هذا البروتون الإضافيُّ يتحول إلى العنصر التالي في الجدول؛ البروتكتينيوم 233. وهذا أيضًا غير مستقر. وبالتالي، إنّ البروتكتينيوم يطلق إلكترونًا آخر، ويتحول إلى العنصر الذي بدأت العملية به؛ أي اليورانيوم 233. بطريقة شبه سحرية، تحصل على المزيد من الوقود فقط من خلال

الجمع بين العناصر المشعة التي تذهب في الطريق الصحيح.

عمل ديفيد على هذا المشروع في عطلات نهاية الأسبوع، حيث إنه يعيش جزئيًّا مع والدته بعد طلاقها من والده. كإجراء وقائيٍّ، استخدم المعطف المغطى بالرصاص لطبيب الأسنان من أجل حماية جسمه، كان يمضي بضع ساعات في مخزن الفناء الخلفيِّ، ويتخلص من ملابسه وحذائه. (أمه وزوجها اعترفا لاحقًا أنهما لاحظا رميه الملابس الجيدة، واعتقدوا أنه غريب الأطوار. وافترضا فقط أنَّ ديفيد كان أكثر ذكاء مما كانا عليه ويعرف ما كان يقوم به).

من بين كل العمل الذي قام به، ربما كان أسهل جزء في المشروع هو العثور على الثوريوم 232. مركبات الثوريوم لها درجات انصهار عالية للغاية؛ لذا فهي تتوهج أكثر عند

تسخينها. إنها أيضًا خطيرة جدًّا في استخدامها في المصابيح الكهربائية المنزلية. ولكن، في المواقع الصناعية، وخصوصًا في المناجم، إنَّ مصابيح الثوريوم شائعة. بدلاً من تسليك الأسلاك الملفوفة مثل الفتائل، فإنَّ مصابيح الثوريوم تستخدم شِباكًا ذات ثقوب صغيرة تسمى رتينة mantles. طلب ديفيد مئات الرتائن المستبدلة من تاجر الجملة الذي لم يطرح عليه أيَّ أسئلة. ثم أحدث تطورًا آخر في الكيمياء، فصهر الرتائن إلى أنْ صارتْ رماد الثوريوم مع حرارة مستمرة من موقد اللحام. عامل هذا الرماد الذي قيمته 1000 دولار مع الليثيوم الذي كان قد حصل عليها عن طريق قطع بطاريات بقواطع الأسلاك وفتحها. تسخين الليثيوم المتفاعل والرماد على موقد بنسن نقى الثوريوم، وأعطى ديفيد غلافًا جيدًا لأساس مفاعله.

لسوء الحظ - أو ربما لحسن الحظ - كلما تعلم ديفيد من الكيمياء الإشعاعية، تفلت منه الفيزياء! أول حاجة لديفيد هي اليورانيوم 235 ليعرض الثوريوم للإشعاع ويحوله إلى اليورانيوم 233. لذا؛ فقد حمل عداد غايغر (الجهاز الذي يسجل النشاط الإشعاعيَّ مُصدرًا صوت: كليك، كليك، كليك، كليك) على لوحة القيادة لسيارته البونتياك، وطاف ضواحي ميشيغان؛ كما لو أنَّه سيجد فجأة بقعة يورانيوم ساخنة في الغابة. لكن اليورانيوم العادي في الغالب هو اليورانيوم 238، وهو مصدر ضعيف في النشاط الإشعاعيِّ. (إن معرفة كيفية إثراء الخام عن طريق فصل اليورانيوم 235 واليورانيوم 238، اللذين يتطابقان كيميائيًّا، كانت في الواقع إنجازًا كبيرًا لمشروع مانهاتن). حصل ديفيد أخيرًا على القليل من خام اليورانيوم من مورد عادي في جمهورية التشيك، ولكنه أيضًا كان عاديًّا؛ اليورانيوم غير المخصب،

وليس ذلك النوع المتقلب. في نهاية المطاف، تخلى ديفيد عن هذا النهج، وبنى «سلاح النيوترون» لتعريض الثوريوم لإشعاع والحصول على اليورانيوم 233. حدث تأجيج بهذه الطريقة، ولكن السلاح بالكاد عمل.

أشارتْ بضع قصص مثيرة في وسائل الإعلام أنَّ ديفيد نجح تقريبًا في بناء مفاعل في المخزن. في الحقيقة، لم يكن ذلك صحيحًا. العالم النوويُّ الأسطوريُّ غيورسو قدَّر مرة أنَّ ديفيد بدأ بما يقل عن مليار مليار مرة أقل من المواد القابلة للانشطار. ديفيد بالتأكيد جمع المواد الخطرة، وربما كان تعرضه لهذه المواد سببًا في تقصير حياته وتعرضها للخطر، وهذا منطقيٌّ، فهناك العديد من الطرق لتسمم نفسك مع النشاط الإشعاعيِّ. هناك عدد قليلٌ جدًّا جدًّا من السبل لاستغلال تلك العناصر، مع التوقيت والضوابط المناسبة، للحصول على شيء مفيد منها.

ومع ذلك، لم تكن لدى الشرطة أيُّ خيارات عندما كشفتْ خطة ديفيد. وجدوه في وقت متأخر في إحدى الليالي يدور حول سيارة واقفة، وافترضوا أنَّه كان يسرق الإطارات. بعد اعتقاله والتضييق عليه، فتشوا سيارة البونتياك، وحذرهم بلطف وغباء من أنها مواد مشعة. ووجد الباحثون أيضًا قارورة من مسحوق غريب فأخذوه للاستجواب. كان ديفيد داهية بما يكفي، حيث إنه لم يخبرهم عن المعدات «الخطرة» في المخزن، ومعظمها كان سيفككها على أيِّ حال. كانت الوكالات الاتحادية تتجادل عن الجهة المسؤولة عن ديفيد، وخائفة من أنه قد أحرز تقدمًا كثيرًا، وربما ترك حفرة - لا أحد حاول إنقاذ العالم بالطاقة النووية بطريقة غير مشروعة من قبل - استمرت هذه القضية لأشهر. في غضون ذلك، خشيت والدة ديفيد من تفتيش منزلها، فتسللت إلى المختبر في إحدى الليالي، وألقتْ تقريبًا كل شيء في

سلة المهملات. بعد أشهر، اقتحم المسؤولون معمله أخيرًا بعد الدخول من الساحات الخلفية لمنازل الجيران، وهم يرتدون الملابس المضادة للمواد الخطرة لتفتيش المخزن. في ذلك الوقت، أظهرت العلب والأدوات المتبقية نشاطًا إشعاعيًّا أكثر ألف مرة من مستويات الساحات الخلفية.

ولأنه ليست لديه نوايا سيئة (وكان ذلك قبل يوم 11 سبتمبر)، أفرج عن ديفيد. تجادل مع والديه حول مستقبله. ومع ذلك، وبعد تخرجه من المدرسة الثانوية، جُنِّد في القوات البحرية، وأقبل على العمل على الغواصات النووية. نظرًا لتاريخ ديفيد، ربما لم يكن للبحرية أيٌّ بديل إلاّ وضعه في العمل المناسب له. ولكن، بدلاً من السماح له بالعمل على المفاعلات، وضعوه في خدمة المطبخ، وجعلوه يمسح ظهر المركب. لسوء الحظ بالنسبة له أنه لم يحصل على فرصة

للعمل بالعلم في ظل رقابة وإشراف، حيث إنَّ حماسته وموهبته الوليدة قد تفعلان الكثير، من يدري؟!

خاتمة قصة ولد الكشافة المشع كانت محزنة. بعد أنْ ترك الجيش، عاد ديفيد إلى مسقط رأسه في الضواحي ليتسكع دون هدف. بعد بضع سنوات هادئة، قبضت الشرطة عليه في 2007 بتهمة العبث (سرقة في الواقع) بكاشفات الدخان من مبنى سكنيٍّ خاص. مع سجل ديفيد، كانت هذه جريمة كبيرة؛ كاشفات الدخان تعمل على عنصر مشع، وهو الأميريسيوم. الأميريسيوم مصدر معتمد من جسيمات ألفا، والتي يمكن أنْ تُوزَّع داخل التيار الكهربائيِّ في الكاشفات. الدخان يمتص جسيمات ألفا؛ مما يعطل التيار ويطلق صفير الإنذار المزعج. لكن ديفيد استخدم الأميريسيوم لصنع سلاح النيوترون الأوليِّ؛ حيث إنَّ جسيمات ألفا تدق النيوترونات ليخسر من عناصر معينة. في الواقع، كان قد

قُبض عليه بالفعل من قبل - عندما كان في الكشافة - وهو يسرق أجهزة إنذار الدخان في مخيم صيفيٍّ وطرد منه.

في عام 2007، عندما تم تسريب صورته إلى وسائل الإعلام، كان وجه ديفيد الملائكيُّ مليئًا بقروحٍ حمراء، وكأنها آثار حبِّ شباب حادة نزفتْ دماء وتخثرت على وجهه. ولكن الرجل ذا الواحد والثلاثين عامًا لا يصاب عادة بحب الشباب. وكان التفسير الوحيد أنه استعاد فترة مراهقته بالقيام بتجارب نووية أخرى. مرة أخرى، الكيمياء خدعتْ ديفيد هان الذي لم يكن يدرك أنَّ الجدول الدوريَّ يعج بالخداع. كان ذلك تذكيرًا فظيعًا بأنه على الرغم من كون العناصر الثقيلة على طول الجزء السفليِّ من الجدول ليست سامة على الطريقة التقليدية التي تعمل بها عناصر الممر المسمم، إلاّ أنها ملتوية بما يكفي لتدمر حياةً.

الفصل العاشر:

خذ عنصرين، واتصل بي في الصباح

Rh S Ag Gd V Cu

يتسم الجدول الدوريُّ بأنه سريعُ التقلُّب، ومعظم عناصره أكثرُ تعقيدًا من عناصر الممر المسمّم الشرسة بشكل مباشر. إنها عناصر غامضة تُحدِث داخل الجسم آثارًا غير مفهومة؛ في كثير من الأحيان تكون آثارًا سيئة، ولكنها في أحيان قليلة تكون جيدة؛ فالعنصر السام في ظرف ما يمكن أنْ يصبح دواءً منقذًا للحياة، ويمكن للعناصر التي تحصل على استقلاب بطرق غير متوقعة أنْ توفِّر أدواتٍ تشخيصية نافعة في عيادات الأطباء. والتفاعل بين العناصر والأدوية

يمكن أنْ يلقي الضوء على كيفية انبعاث الحياة من الركام الكيميائيِّ اللاواعي في الجدول الدوريِّ.

سمعة بعض الأدوية المشتقة من العناصر تضرب بجذور عميقة في التاريخ بشكل يثير الدهشة؛ فمثلاً يُشاع أنَّ المحاربين الرومان كانوا يتمتعون بصحة جيدة لأنهم اعتادوا على تناول وجباتهم في أطباق من الفضة. ورغم أنَّ المالَ عديم الفائدة في البرية، كانت معظم الأسر العريقة في أمريكا تحرص على الاحتفاظ بعملة فضية واحدة على الأقل لتكون معها أثناء السفر على متن عربات الكونستوغا عبر البرية مخبأةً في إبريق حليب، ليس لحفظ العملة نفسها، ولكن للحفاظ على الحليب من التعفن! العالم الفلكيُّ المشهور تيخو براهي الذي فقَد قصبة أنفه أثناء مبارزة بالسيف في قاعة للولائم خافتة الإضاءة عام 1564 وهو مخمور، قيل إنه أمر باستبدال أنفه بالفضة. كان المعدن

أنيقًا، والأهم من ذلك، خفَّف الالتهابات. ولكن العيب الوحيد أنَّ لونه المعدنيَّ الواضح أجبر براهي على حَمل جِرارٍ من كريم الأساس معه، وكان دائمًا يطلي به أنفه الاصطناعيَّ.

قام علماءُ الآثار الفضوليون في وقت لاحق بفحص جسم براهي، ولاحظوا وجود قشرة خضراء على الجزء الأماميِّ من جمجمته؛ معنى ذلك أنَّ براهي ربما لم يكن يضع أنفًا من الفضة، بل من معدن أرخص وأخف وزنًا وهو النحاس[93] (أو ربما كان يغيِّر أنفه كما لو أنه يغير أقراطًا؛ حسب طبقة رفقته). وفي كلتا الحالتين، كان استخدام النحاس أو الفضة منطقيًّا. على الرغم من أنَّ كليهما لم يستخدما كعلاجات شعبية، فإنَّ العلم الحديث يؤكد أنَّ هذين العنصرين لديهما قوة مطهِّرة. الفضة لها مكانة محترمة جدًّا في الاستخدام اليوميِّ. ولكن قنوات النحاس وأنابيب النحاس

هي المستخدمة داخل المباني الآن؛ كمقياس للسلامة العامة. بدأ دور النحاس في مجال الصحة العامة فقط بعد الذكرى المئوية الثانية لأمريكا، في عام 1976، عندما تفشى مرض الطاعون في أحد الفنادق في فيلادلفيا، حيث تسللتْ بكتيريا لم تُعرَف من قبْل في القنوات الرطبة من نظام تكييف الهواء في المبنى في يوليو من تلك السنة، وتكاثرت البكتيريا، وانتشرتْ بسرعة من خلال فتحات التهوئة على طبقة من الهواء البارد. في غضون أيام، أصيب المئات من الناس في الفندق «بأنفلونزا»، وتوفي أربعة وثلاثون شخصًا. كان الفندق قد أجَّر مركز المؤتمرات ذلك الأسبوع لمجموعة من قدامى محاربي الفيلق الأميركي. ومع أنَّ الضحايا لم يكونوا كلهم ممن ينتمون إلى الفيلق، أصبح المرض معروفًا باسم مرض الفيالقة.

كرد فعل، سُنتْ قوانين تُلزِم بالتنظيف الإجباريِّ لشبكات المياه والهواء، وأثبت النحاس أنه أبسط وسيلة وأرخص وسيلة لتحسين البنية التحتية؛ فإذا تحركتْ بكتيريا معينة، أو فطريات، أو طحالب عبر مواد مصنوعة من النحاس، فإنها تمتص ذرات النحاس التي تعطل عملية الأيض لديها (الخلايا البشرية لا تتأثر)؛ فتختنق الميكروبات وتموت بعد بضع ساعات. هذا التأثير - الفعال بالمقادير القليلة أو «المعقم الذاتي» - يجعل هذا المعدن أكثر تعقيمًا وأمانًا من الخشب أو البلاستيك، ويفسر سبب وجود مقابض أبواب نحاسية ودرابزين معدنيٍّ في الأماكن العامة، كما يفسر احتواء القطع النقدية كثيرة التداول في الولايات المتحدة على ما يقرُب من 90 في المئة من النحاس (مثل البنسات) فهي مطلية بالنحاس[94]. أنابيب النحاس في ممرات تكييف الهواء تنظف البق السيئ الذي يستفحل داخلها أيضًا.

كما أنَّ بعض العناصر تعدُّ قاتلة للخلايا الصغيرة الملتوية، وأكثرها خداعًا هو الفاناديوم؛ العنصر ثلاثة وعشرون، الذي يُحدِث الآثار الجانبية الغريبة لدى الذكور: الفاناديوم هو أقوى قاتل للحيوانات المنوية على الإطلاق! معظم قاتلات الحيوانات المنوية تعمل على حلِّ الغشاء الدُّهنيِّ الذي يحيط بالخلايا المنوية، وتنثر أحشاء الخلايا في كل الأنحاء. للأسف، كل الخلايا لديها أغشية دهنية. ولهذا، إنّ المبيدات المنوية في كثير من الأحيان تهيِّج بطانة المهبل وتجعل النساء عُرضة لالتهاب المهبل الفطريِّ. الفاناديوم يتجنب أيَّ حل فوضويٍّ، وببساطة يكسر العمود المرفقي في ذيول الحيوانات المنوية، فتنقطع الذيول وتترك الحيوان المنويَّ يدور كزورق تجذيف بمجذاف واحد[95].

لم يظهر الفاناديوم في السوق باعتباره مبيدًا للحيوانات المنوية لأنَّ - وهذه حقيقة طبية بديهية - معرفة أنَّ عنصرًا أو دواء ما له آثار مرغوب فيها في أنابيب الاختبار تختلف كثيرًا عن معرفة كيفية تسخير تلك الآثار وتكوين دواء آمِن يستطيع الإنسان أنْ يستخدمه. على الرغم من قوته، إنَّ الفاناديوم لا يزال عنصرًا مشكوكًا فيه بالنسبة للجسم البشريِّ. من بين أمور أخرى، فإنه في ظروف غامضة يرفع (ويخفض) مستويات السكر في الدم. لهذا السبب، على الرغم من سُميته المعتدلة، فإنَّ مياه الفاناديوم التي تخرج من ينابيع جبل فوجي الغنية بالفاناديوم، يروَّج لها على مواقع التسوق على الإنترنت كعلاج لمرض السكري.

هناك عناصر أخرى أصبحتْ في الطريق لتكون أدوية فعالة، مثل الجادولينيوم غير المجدي حتى الآن، قاتل السرطان المحتمل. قيمة الجادولينيوم تتبع من غناه

بالإلكترونات المفردة. وعلى الرغم من استعداد الإلكترونات لارتباط الذرات الأخرى مع ذراتها، فإنها تبقى بعيدة بقدر الإمكان عن بعضها بعضًا. تذكَّر أنَّ الإلكترونات تقع في مدارات، والمدارات تتفرع أكثر إلى أماكن تسمى المدارات الفرعية، كل منها يمكن أنْ يستوعب اثنين من الإلكترونات. الغريب أنَّ الإلكترونات تملأ المدارات الفرعية مثل راكب يجد مقعدًا في حافلة: كل إلكترون في حد ذاته يجلس في المدار الفرعيِّ، حتى يتم فرض إلكترون آخر عليه يجبره على مضاعفته [96]، وعندما تتراكم الإلكترونات المتضاعفة يصبح من الصعب إرضاؤها، دائمًا تجلس بجانب شخص ما مع «لف مغزليٍّ» معاكس؛ وهي خاصية تتعلق بالمجال المغناطيسيِّ للإلكترون. ربط الإلكترونات، واللف المغزليّ، والمغناطيس قد يبدو غريبًا، ولكن جميع الجسيمات المشحونة التي لها لف مغزليٌّ تحتوي على حقول مغناطيسية

دائمة تشبه حبيبات الأتربة الدقيقة. عندما يترافق الإلكترون مع إلكترون آخر بلف مغزليٍّ معاكس يختفي حقلاهما المغناطيسيان.

الجادولينيوم الذي يقع في منتصف صفِّ العناصر الأرضية النادرة لديه الحد الأقصى من عدد الإلكترونات التي تستقر بهدوء. وجود هذا العدد الكبير من الإلكترونات غير المزدوجة، وغير مُهمَلة يسمح للجادولينيوم بأنْ يكون ممغنطًا بقوة أكثر من أيِّ عنصر؛ كما أنَّ له ميزة أخرى هي إمكانية استخدامه في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسيِّ (MRI). حيث تعمل آلات التصوير بالرنين المغناطيسيِّ عن طريق مغنطة أنسجة الجسم قليلاً مع مغناطيسات قوية ثم يقلب المغناطيس.

عندما يحرر المجال يرتخي النسيج، ويعيد توجيه نفسه بشكل عشوائيٍّ، ويصبح غير مرئيٍّ للمجال المغناطيسيِّ، أمّا

أجزاء المغناطيس المرتفعة مثل الجادولينيوم فتستغرق وقتًا أطول للارتخاء، وآلة التصوير بالرنين المغناطيسيِّ تلتقط هذا الاختلاف؛ لذا عند التصاق الجادولينيوم بوسائل استهداف الورم - الوسائل الكيميائية التي تبحث وترتبط فقط بالأورام - يستطيع الأطباء تحديد الأورام من التصوير بالرنين المغناطيسيِّ بشكل أكثر سهولة. الجادولينيوم في الأساس يوضح التناقض بين الأورام والأنسجة السليمة. وباستخدام الجهاز، سوف يظهر الورم مثل جزيرة بيضاء في بحر من الأنسجة الرمادية، أو سيبدو وكأنه سحابة زرقاء في سماء بيضاء مشرقة.

الجادولينيوم قد يفعل أكثر من مجرد تشخيص الأورام؛ فيمكنه أنْ يقدِّم للأطباء وسيلة لقتل تلك الأورام بالإشعاع المكثف. مجموعة الجادولينيوم من الإلكترونات غير المزدوجة تتيح له استيعاب مقدار كبير من النيوترونات التي

لا يمكن لأنسجة الجسم العادية امتصاصها جيدًا. امتصاص النيوترونات يحوِّل الجادولينيوم إلى مشعٍّ، وعندما يصبح نوويًّا فإنه يمزق الأنسجة المحيطة به. عادة، إطلاق النانو النوويِّ داخل الجسم مضرٌّ. ولكن، إذا استطاع الأطباء تحفيز الأورام على امتصاص الجادولينيوم، فإن هذا الأمر قد يصبح نوعًا من عدو العدو. وإضافة إلى ذلك، يقوم الجادولينيوم بمنع البروتينات التي تعدل (الدي إن أي). وبالتالي، إنّ الخلايا السرطانية لا يمكنها إعادة بناء كروموسوماتها المتداعية. يمكن لأيِّ شخص كان مصابًا بالسرطان أنْ يشهد أنَّ هجوم الجادولينيوم المركز قد يسبب تحسنًا هائلاً أكثر من العلاج الكيميائيِّ وأشعة السرطان العادية اللذين يقتلان الخلايا السرطانية من خلال حرق كل شيء حولها أيضًا، في حين أنَّ تلك تقنيات العلاج الكيميائيِّ والأشعة أشبه بقنابل حارقة، ربما يمكن

للجادولينيوم يومًا ما أنْ ييسر استئصال الأورام من دون جراحة[97].

هذا لا يعني أنَّ العنصر أربعة وستين دواءٌ سحريٌّ. إنَّ الذرات لديها وسيلة للانجراف داخل الجسم، ومثل أيِّ عنصر لا يستخدمه الجسم بانتظام، فإنَّ للجادولينيوم آثارًا جانبية. إنه يسبب مشاكل في الكُلى لدى بعض المرضى الذين لا يستطيعون التخلص منه. وقال آخرون إنه سبب تيبسًا في عضلاتهم كما يحدث في المراحل المبكرة من التخشب الموتيِّ، وتجعدتْ بشراتهم مثل جلد الحيوان وتصلبتْ؛ مما سبب لهم صعوبة في التنفس في بعض الحالات. هناك مواقع صحية على الإنترنت أوردت قصصًا من أشخاص يدَّعون أنَّ الجادولينيوم (الذي يؤخذ عادة من MRI) قد دمَّر صحتهم بشكل ما!

في واقع الأمر، تعد شبكة الإنترنت مكانًا مثيرًا لاستكشاف أصل الادعاءات عن العناصر الطبية الغامضة، وكل العناصر التي ليست معادن سامة (وحتى مع كونها سامة أحيانًا). يمكنك أنْ تجد بعض مواقع الطب البديل تبيعها على شكل مكملات غذائية.

قد لا يكون من قبيل المصادفة أنْ تجد أيضًا شركات محاماة متخصصة في قضايا التعويضات عن الإصابات الشخصية على شبكة الإنترنت، على استعداد لمقاضاة أيِّ شخص أو هيئة نتيجة التعرض للآثار السيئة للعناصر. حتى الآن، يبدو أنَّ مروجي هذه العلاجات نجحوا في نشر رسالتهم أبعد وأوسع من المحامين، فما زالت الأدوية المشتقة من العناصر (على سبيل المثال، الزنك في أقراص الحلق) تكتسب شهرة أوسع يومًا بعد يوم، وخصوصًا تلك التي لها

جذور في العلاجات الشعبية. لمدة قرن، استبدل الناس تدريجيًّا العلاجات الشعبية بالأدوية. ولكن، دفع انخفاض الثقة في الطب الغربيِّ بعض الناس إلى تناول «الأدوية» من تلقاء أنفسهم، مثل الفضة مرة أخرى[98].

مرة أخرى، هناك أساس علميٌّ مزعوم لاستخدام الفضة؛ نظرًا لأنَّ لديها آثار التعقيم الذاتيِّ نفسها مثل النحاس. الفرق بين الفضة والنحاس هو أنَّ الفضة إذا تناولها الشخص فإنَّ جلده يصطبغ باللون الأزرق بشكل دائم. وفي الواقع: التعبير بأنَّ الفضة «تزرِّق» الجلد مختصرٌ سهلٌ، ولكن هناك أزرق مثيرًا للمشاعر في خيال الناس عندما يسمعون هذا، ويسرح خيالهم في وحوش رمادية مروعة، وفي تحوّل البشر حقيقة إلى السنافر الزرقاء!

لحسن الحظ، حالة التفضض [99] هذه ليست قاتلة، ولا تسبب أيَّ أضرار داخلية. في بداية التسعينيات ظهر رجل

يُعرف بلقب «الرجل الأزرق» في عرض غريب. أصبح كذلك بعد تناول جرعة سيئة زائدة من نترات الفضة للعلاج من مرض الزهريِّ. في عصرنا الحالي، دخل المنقذ والمتحرر الشرس من ولاية مونتانا، الجريء ستان جونز انتخابات مجلس الشيوخ الأمريكيّ في عاميْ 2002 و2006، على الرغم من كونه أزرق بشكل مذهل، كان جونز لا يمانع من السخرية بشكله، كما تفعل وسائل الإعلام. وعندما سُئل: بم ترد على الأطفال والبالغين الذين يشيرون إلى وجهك باندهاش في الشارع؟ قال بجدية: «أنا فقط أقول لهم إنني أتدرب على زيِّ عيد القديسين».

أوضح جونز أيضًا بكل سرور كيف أصابه التفضض؛ عندما صدَّق بشدة كلام المتحدثين عن نظرية المؤامرة، أصبح هاجسه في عام 1995 تعطُّل أجهزة الكمبيوتر المسماة مشكلة عام 2000 (K2Y)، وخصوصًا مع احتمال

عدم وجود المضادات الحيوية في نهاية العام. للحفاظ على جهاز المناعة الخاص به قرر أنْ يحتاط للأمر؛ لذا بدأ بتقطير سائل المعادن الثقيل في الفناء الخلفيِّ لمنزله عن طريق غمس أسلاك الفضة الموصلة ببطاريات 9 فولت في أحواض مياه - هذه الطريقة لا ينصح بها أحد، حتى عاشقو الفضة الإنجيليون أيضًا - حيث إنّ التيارات الكهربائية بهذه القوة تحلل عددًا كبيرًا جدًّا من أيونات الفضة في الحوض. شرب جونز شرابه السريَّ بإخلاص لمدة أربع سنوات ونصف السنة، حتى انتهى هوس (K2Y)في يناير 2000.

على الرغم من ذلك الفشل، ورغم ظهوره كأحمق خلال حملاته الانتخابية لمجلس الشيوخ، فإنَّ جونز لم يشعر وقتها بالندم على تصرفه. إنه بالتأكيد لم يكن ليفوز بالمنصب، ولكنه نبَّه إدارة الغذاء والدواء إلى ضرورة التدخل ضد العلاجات المعتمدة على العناصر المنعزلة عندما تسبب

ضررًا حادًّا، أو تَعِد بنتائج إيجابية لا يمكن الوفاء بها. بعد عام من خسارته في انتخابات 2002، قال جونز لمجلة ناشيونال: «كان تصرفًا خاطئًا أنْ أتناول جرعة زائدة [من الفضة]. ولكن، ما زلت أعتقد أنه أفضل المضادات الحيوية في العالم... إذا وقع هجوم بيولوجيٌّ على أمريكا أو إذا سقطتُ فريسة أيِّ مرض، فسأتناوله على الفور مرة أخرى؛ فالبقاء على قيد الحياة أكثر أهمية من التحول إلى اللون الأرجوانيِّ».

نصح السيناتور جونز على الرغم من ذلك، بأنَّ أفضل الأدوية الحديثة ليست العناصر المنعزلة، بل المركبات المعقدة. ومع ذلك، في تاريخ الأدوية الحديثة، لعبتْ بعض العناصر دورًا كبيرًا غير متوقع. ويتعلق هذا التاريخ إلى حد كبير ببطولات العلماء الأقل شهرة مثل جيرهارد دوماك، لكنه يبدأ مع لويس باستير واكتشافه الغريب عن خاصية

الجزيئات الحيوية التي تسمى اليدوانية، والتي لها دور مهم في جوهر الحياة.

ظاهر الأمر أنك تستخدم اليد اليمنى، ولكن في الحقيقة لا، إنك تستخدم اليد اليسرى! كل الأحماض الأمينية في كل البروتينات يسارية الدوران. في الواقع، كل البروتينات في كل أشكال الحياة على الإطلاق هي حصريًّا يسارية الدوران. ÇÅ وجد الفلكيون ميكروبًا على نيزك أو القمر أو كوكب المشتري، فإنَّ أول ما سيقومون به هو اختبار يدوانية البروتينات في الميكروب؛ فإذا كانت البروتينات يسارية الدوران، فإنَّ هذه الميكروب ربما تلوث بالأرض، ولو كانت يمينية الدوران فمن المؤكد أنه من حياة مختلفة!

لاحَظ باستير هذه اليدوانية لأنه بدأ مسيرته بدراسة أجزاء بسيطة من الحياة ككيميائيٍّ. في عام 1849، وفي عمر السادسة والعشرين، طلب منه مصنع النبيذ فحص حمض

الطرطريك، وهو النفايات غير الضارة الناتجة من صنع النبيذ، حيث إنَّ بذور العنب ومادة الخميرة تتحلل إلى حمض الطرطريك وتتجمع كبلورات تترسب في براميل النبيذ. حمض الطرطريك المأخوذ من الخميرة لديه أيضًا خاصية غريبة؛ فهو يذوب في الماء ويتألق بشق عموديٍّ من الضوء من خلال المحلول، والشعاع ينحرف باتجاه عقارب الساعة بعيدًا عن الشكل الرأسي بشكل يشبه دوران قرص الهاتف. أما الصناعيّ، إلى حمض الطرطريك الذي يكون من صنع الإنسان فلا يفعل شيئًا من هذا القبيل، فالشعاع الرأسيُّ يخرجِ صحيحًا ومستقيمًا، باستير أراد أنْ يعرف السبب!

قرر أنه ليس لديه ما يفعله مع كيمياء هذيْن النوعيْن من حمض الطرطريك. إنهما يتصرفان بشكل مماثل في ردود الفعل، ولهما التركيبُ العنصريُّ نفسه. ولكن، عندما درس البلورات بالعدسة المكبرة لاحَظ بعض الفرق؛ بلورات حمض

الطرطريك من الخميرة كلها منحرفة في اتجاه واحد؛ فهي مثل قبضات اليد اليسرى صغيرة وقوية. أمّا حمض الطرطريك الصناعيُّ فقد انحرف في كلا الاتجاهين؛ بمزيج من قبضات اليد اليسرى واليمنى. كان الأمر مثيرًا للاهتمام. بدأ باستير مهمة شاقة - لا يمكن تصوُّرها - في فصل البلورات التي بحجم حبيبات الملح إلى كومة القبضات اليمنى وكومة القبضات اليسرى باستخدام الملاقط. ثم قام بحلِّ كل كومة في الماء واختبار أشعة ضوء أكثر. كما توقَّع: حولتْ أشعة البلورات المحتوية على الخميرة الضوء في اتجاه عقارب الساعة، في حين أنَّ بلورات الصورة المطابقة حوَّلت الضوء عكس عقارب الساعة، وبالضبط بالعدد نفسه من الدرجات.

ذكر باستير هذه النتائج لمعلمه، جان بابتيست بايت، الذي اكتشف لأول مرة أنَّ بعض المركبات يمكن أنْ تحرِف

الضوء. طلب الرجل الكبير من باستير أنْ يعرض له التجربة، كان متأثرًا بشدة من عمق التجربة ودقتها. في الحقيقة، أظهَر باستير أنَّ هناك نوعيْن متطابقيْن، لكنهما صورة مطابقة من حمض الطرطريك. والأهم من ذلك، وسع باستير في وقت لاحق هذه الفكرة لإظهار أنَّ الحياة لديها ميلٌ قويٌّ لجزيئات من نوع واحد من اليدوانية أو «الكايرالية»[100].

اعترف باستير في وقت لاحق أنه كان محظوظًا قليلاً في هذا العمل الرائع، فحمض الطرطريك - خلافًا لمعظم الجزيئات - من السهل أنْ يُرى ككايرالي. وبالإضافة إلى ذلك، على الرغم من أنَّ أحدًا لا يمكنه أنْ يتوقع وجود صلة بين الكايرالية ودوران الضوء، كان باستير لديه بايت يوجهه من خلال تجارب الدوران الضوئيِّ. الصدفة الأكثر توفيقًا كانت في مواءمة الطقس؛ عند إعداد حمض الطرطريك

الصناعيِّ، برَّدَه باستير من خلال وضعه على حافة النافذة، فانفصل الحمض إلى بلورات يسارية الدوران ويمينية الدوران تحت درجة 79 فهرنهايت فقط، ولو لم يكن ذلك الموسم أكثر دفئًا لما اكتشف اليدوانية. ومع ذلك، عرف باستير أنَّ الحظ أسهم في جزء فقط من نجاحه، كما عبَّر عن هذا بقوله: «الفرصة تفضِّل العقول المستعدة فقط».

كان باستير ماهرًا بما فيه الكفاية ليكون مستعدًّا لهذا «الحظ» الذي استمر طوال حياته. كان يقوم بتجربة بارعة على مرق اللحم في قوارير معقمة، وأثبت بشكل قاطع أنَّ الهواء لا يحتوي على «عنصر حيويٍّ»ÍύÃ¡: لا يمكن استدعاء روح الحياة من مادة ميتة.

بُنيت الحياة منفردة - ولو في ظروف غامضة - من عناصر الجدول الدوريِّ. ابتكر باستير أيضًا عملية البسترة، وتتم بتسخين الحليب لقتل الأمراض المعدية؛ وأشهر أعماله

في ذلك الوقت، أنه أنقذ حياة صبيٍّ صغير بتطعيمه بلقاح ضد داء الكلب، وأصبح بعمله هذا بطلاً قوميًّا، ولقد استثمر هذه الشهرة للتأثير المطلوب لفتح معهد على اسمه خارج باريس؛ لتعزيز نظرياته عن أمراض الجراثيم التطورية.

ليس من قبيل الصدفة تمامًا أنْ يكون في معهد باستير في الثلاثينيات عددٌ قليل من العلماء الحاسدين الحاقدين الذين عرفوا كيف يعمل أول مختبر للأدوية، وفعلوا الكثير لعرقلة عمل واحد من تلاميذ باستير الميكروبيولوجيّ الكبير في عصره؛ جيرهارد دوماك.

في أوائل ديسمبر من عام 1935، تعثرت ابنة دوماك هيلدغارد وهي تهبط درج منزل العائلة في فوبرتال، في ألمانيا، بينما كانت تمسك بيدها إبرة خياطة، ثقبت الإبرة يدها، ورشقتْ فيها، ثم انكسر جزء منها داخل يدها! استخرج الطبيب القطعة، ولكن في الأيام التالية بدأت هيلدغارد

تضعف، وعانتْ من ارتفاع في درجة الحرارة، والتهاب بكتيريا عقدية قوية في كل ذراعها. وكلما ازدادت حالتها سوءًا، كان دوماك نفسه يعاني ويضعف؛ لأن الموت كان نتيجة شائعة بشكل مخيف لمثل هذه الالتهابات؛ فعندما تبدأ البكتيريا بالتكاثر، لا يمكن لدواء معروف إيقاف جشعها.

إلا أنَّ هناك دواءً واحدًا - أو بالأحرى دواءً واحدًا ممكنًا - وهو صبغة صناعية حمراء اختبرها دوماك سرًّا في مختبره من قبل. في 20 ديسمبر 1932، كان قد حقن مجموعة من الفئران بعشرة أضعاف الجرعة المميتة من البكتيريا العقدية، وفعل الشيء نفسه مع مجموعة ثانية، كما حقن المجموعة الثانية بالصبغة الصناعية، البرونتوسيل Prontosil، وخرج من المختبر، وبعد تسعين دقيقة وفي عشية عيد الميلاد، دوماك - الذي كان حتى ذلك اليوم كيميائيًّا مغمورًا - انسلَّ مرة أخرى إلى مختبره ليختلس

النظر؛ حيث وجد أن كل الفئران في المجموعة الثانية كانتْ على قيد الحياة، بينما كل الفئران في المجموعة الأولى قد ماتت.

لم تكن هذه الحقيقة هي الوحيدة التي واجهتْ دوماك وهو يلاحظ هيلدغارد. البرونتوسيل؛ يحتوي الجزيء العضويُّ الحلقيُّ، بشكل غير عاديّ، على ذرة الكبريت التي لا يمكن التنبؤ بخواصها. كان الألمان في ذلك الوقت يعتقدون بدرجة ما أنَّ الأصباغ تقتل الجراثيم عن طريق تحويل الأجهزة الحيوية للجراثيم إلى اللون الخطأ. لكن البرونتوسيل، على الرغم من قتله للميكروبات داخل الفئران، لم يكن له تأثير على البكتيريا في أنابيب الاختبار، بل كانت البكتيريا تسبح بسعادة في المادة الحمراء، ولا أحد يعرف تفسيرًا لهذا! وبسبب ذلك الجهل، هاجم العديد من الأطباء الأوروبيين «العلاج الكيميائيَّ» الألمانيَّ، ورفضوه باعتباره

أقل شأنًا من الجراحة في علاج العدوى. حتى دوماك لم يعتقد تمامًا في دوائه. بين تجربة الفئران في عام 1932 وحادث هيلدغارد، كانت التجارب السريرية تسير على ما يرام في البشر، ولكن مع آثار جانبية خطيرة في بعض الأحيان (ناهيك عن أنه يحول الناس إلى اللون الأحمر مثل الكركند). على الرغم من أنه كان على استعداد للمخاطرة باحتمال وفاة المرضى في التجارب السريرية من أجل الحصول على نتائج إيجابية، فإنَّ المخاطرة بابنته كانت مسألة أخرى!

وسط هذه المعضلة، وجد دوماك نفسه في الوضع نفسه الذي كان باستير فيه قبل خمسين عامًا، عندما فوجئ باستير وهو في فرنسا بأم شابة تستنجد به لإنقاذ صغيرها الذي شوَّهه كلبٌ مسعور. كان الطفل بالكاد يستطيع المشي... تعامل باستير مع الطفل بلقاح داء الكلب الذي

اختُبر فقط على الحيوانات، وعاش الصبي [101]. باستير لم يكن طبيبًا مرخصًا، وغامر بمعالجة الصبي في هذا اللقاح على الرغم من التهديد بملاحقته جنائيًا إذا فشل. أمّا فشل دوماك فيعني تحميله عبئًا مضاعفًا بقتله واحدة من أفراد أسرته. وكلما زادت حالة هيلدغارد سوءًا، كان يتذكر قفصَي الفئران في ليلة عيد الميلاد؛ الأول وهو يعج بالقوارض الحية، والآخر وهو ساكن تمامًا. عندما أعلن الطبيب أنه مضطر لبتر ذراع هيلدغارد، نحّى دوماك حذَرَه جانبًا، وانتهك إلى حدٍّ كبير كل بروتوكول البحوث المتعارف عليه، وأخذ بعض الجرعات من العقار التجريبيِّ من معمله، وبدأ حقنها بالمصل الملون بلون الدم.

في البداية، ساءت حالة هيلدغارد؛ فقد اشتدت الحمى، وتذبذبت الحرارة، ثم هبطتْ على مدى الأسبوعين التاليين.

فجأة، وبعد ثلاث سنوات بالضبط من تجربة والدها على الفئران، استقرتْ حالة هيلدغارد، وعاشت ويداها سليمتان.

على الرغم من سعادته بالنتيجة، أحجم دوماك عن ذكر تجربته السرية أمام زملائه؛ حتى لا يكون منحازًا إلى التجارب السريرية. لكن زملاءه لم يكونوا في حاجة إلى سماع قصة هيلدغارد ليعرفوا أنَّ دوماك قد توصل إلى مفاجأة كبيرة جدًّا؛ أول دواء حقيقيٍّ مضادّ للجراثيم. كان من الصعب التصريح بأهمية هذا الدواء غير المعروف من قبل. كان العالم في وقت دوماك لا يزال يتحسس طريقه في مجالات كثيرة. كان الناس ينتقلون عبر القارات سريعًا بواسطة القطارات، والاتصالات الدولية سريعة عبر التلغراف؛ الشيء الوحيد الذي لم يكونوا متفائلين بشأنه هو النجاة حتى من الأمراض الشائعة. أما مع البرونتوسيل، فقد بدت الأوبئة التي اجتاحت البشر منذ بدء التاريخ وكأنها

قابلة للهزيمة، بل ويمكن القضاء عليها تمامًا. وكان السؤال الوحيد المتبقي هو كيفية عمل البرونتوسيل.

دون الإخلال بمتطلبات الكتابة - ومع الاعتذار - بعد ما حدث من التوسع في فائدة قاعدة الثمانيات، أخشى أنْ أقول لك إنها استثناءات، وإنَّ البرونتوسيل نجح باعتباره أحد الأدوية؛ لأن ذلك خالف هذه القاعدة إلى حد كبير. على وجه التحديد، إذا كان محاطًا بعناصر قوية الإرادة، فإنَّ الكبريت يرسل ستة إلكترونات إلى المستوى الخارجيِّ ويوسع ثمانيته إلى اثني عشر. في حالة البرونتوسيل، يشارك الكبريت بإلكترون واحد مع حلقة بنزين من ذرات الكربون؛ وواحد مع سلسلة نيتروجين قصيرة، والكترونان اثنان كل منهما مع اثنتين من ذرات الأكسجين الجشعة. هذه الروابط الست مع اثني عشر إلكترونًا كافية للتوازن. ولكن لا يوجد مثل عنصر الكبريت في هذه المهمة، الكبريت يقع في

الصف الثالث في الجدول الدوريِّ؛ لذا فهو كبير بما يكفي ليأخذ ليس أكثر من ثمانية إلكترونات، ويكون جميع تلك الأجزاء المهمة معًا، إلا أنه فقط في الصف الثالث. إذًا، هو صغير بما يكفي ليسمح لكل شيء حوله بالملاءمة بترتيب مقبول ثلاثيِّ الأبعاد.

كان دوماك، في المقام الأول متخصصًا في البكتيريا ويجهل الكيمياء. قرر في نهاية المطاف نشر نتائجه طالبًا من العلماء الآخرين مساعدته في معرفة كيفية عمل البرونتوسيل. ولكن، كانت هناك قضايا عمل صعبة للنظر فيها. المنظمة الكيميائية التي يعمل لها شركة وتسمى فاربن اندستري، (وهي الشركة التي أنتجتْ في وقت لاحق زيكلون ب لفريتز هابر)، كانت تبيع بالفعل البرونتوسيل كصبغة، لكنها قدمتْ طلبًا للحصول على براءة اختراع البرونتوسيل كدواء مباشرة بعد عيد الميلاد في عام 1932. ورغم

البراهين السريرية بأنَّ هذا الدواء يعمل بشكل جيد في البشر، كانت الشركة حريصة على الحفاظ على حقوق الملكية الفكرية. عندما دفع دوماك لنشر نتائجه، أجبرته الشركة على التوقف لحين الحصول على براءة الاختراع الطبية على البرونتوسيل؛ التأخير الذي جلب لدوماك والشركة المال. لقي أشخاص حتفهم بينما تلاعب المحامون. ثم سمحت الشركة لدوماك بالنشر فقط في دورية ألمانية مجهولة؛ لمنع الشركات الأخرى من معرفة البرونتوسيل.

وعلى الرغم من الاحتياطات، وعلى الرغم من البرونتوسيل المتطور، تخبَّط الدواء عندما وصل إلى السوق. واصل الأطباء الأجانب انتقاده، والعديد منهم ببساطة كانوا يؤمنون بعدم جدواه. ولكن، حين أنقذ الدواء حياة فرانكلين ديلانو روزفلت الابن، الذي كان قد أصيب ببكتيريا حلق

حادة في عام 1936، ظهر عنوان في مجلة نيويورك تايمز عن البرونتوسيل وذرة الكبريت الوحيدة فيه، وفاز الدواء ببعض الاحترام. فجأة، أصبح دوماك باحثًا يشتغل بالكيمياء القديمة لجميع مال الشركة التي جنته، والجهل حول كيفية عمل البرونتوسيل بدا عبثيًا؛ فمن الذي سيهتم بهذا عندما قفزتْ أرقام المبيعات إلى خمسة أضعاف في عام 1936؛ ثم تضاعفت خمس مرات أخرى في العام التالي؟!

وفي الوقت نفسه، كان العلماء في معهد باستير في فرنسا يبحثون عن مقال دوماك في المجلة المجهولة. في تصعيد ما قد يساوي الملكية الفكرية المضادة (لأنهم يكرهون أنْ تعرقل براءات الاختراع البحوث الأساسية) والمضادة للألمان (لأنهم يكرهونهم)، بدأ الفرنسيون على الفور بالطعن ببراءات الاختراع (لا تقلل من دور الكراهية كحافز للعبقرية!).

نجح البرونتوسيل وكذلك الإعلان عن البكتيريا، ولكن علماء باستير لاحظوا أشياء غريبة عندما تتبعوا مساره من خلال الجسم. أولاً، لم يكن البرونتوسيل هو الذي يحارب البكتيريا، وإنما كان المشتقُ منه وهو السلفوناميد الذي تنتجه خلايا الثدييات بواسطة تقسيم البرونتوسيل إلى اثنين هو ما يفعل ذلك. وهذا يوضح على الفور سبب عدم تأثر البكتيريا في أنابيب الاختبار؛ وذلك لأنَّ خلايا الثدييات قد «نشطت» بيولوجيا البرونتوسيل بواسطة شقها. ثانيًا، السلفوناميد، مع ذرة الكبريت الوسطى والسلاسل السداسية الجانبية، أدى إلى تعطيل إنتاج حامض الفوليك المغذي الذي تحتاج إليه كل الخلايا لتكرار الحمض النوويِّ والتكاثر. تحصل الثدييات على حمض الفوليك من مغذياتها، وهو ما يعني أنَّ السلفوناميد لا يعيق خلاياها. ولكن على البكتيريا تصنيع حمض الفوليك الخاص بها، أو إنها لن تستطيع الخضوع

للانقسام والانتشار. في الواقع، أثبت الفرنسيون فيما بعد أنَّ دوماك لم يكتشف طريقة لقتل البكتيريا، بل لتقليل نسلها فقط!

كانت هذه المعلومات عن البرونتوسيل أخبارًا مذهلة؛ ليس فقط من الناحية الطبية. الجزء المهم في البرونتوسيل - وهو السلفوناميد - تم اختراعه قبل سنوات، وتم تسجيل براءة الاختراع عام 1909 باسم شركة فاربن اندستري[102]، ولكنّ استخدامه كان قليلاً لأنَّ الشركة قد اختبرته فقط باعتباره صبغة. وبحلول منتصف الثلاثينيات، كانت البراءة منتهية الصلاحية. نشر علماء معهد باستير نتائجهم بغبطة واضحة، وأعطوا كل شخص في العالم ترخيصًا للتحايل على براءة البرونتوسيل. احتج دوماك وشركة فاربن اندستري بالطبع لأنَّ البرونتوسيل (وليس السلفوناميد) كان العنصر

الحاسم. ولكن تراكم الأدلة ضدهم أسقط مطالباتهم، وخسرت الشركة في استثمار المنتج الملايين، أو ربما مئات الملايين من الأرباح، مع اجتياح المنافسين في تصنيع عقاقير أخرى من «عقاقير السلفا».

على الرغم من الإحباط المهنيِّ، أدرك أقران دوماك ما قام به، وأنه جديرٌ بأنْ يكون وريث باستير ويحصل على جائزة نوبل 1939 في الطب أو علم وظائف الأعضاء؛ بعد سبع سنوات فقط من تجربة عيد الميلاد للفئران. ولكن مع الأسف، حوَّلتْ نوبل حياة دوماك إلى كابوس؛ فقد كره هتلر أنْ تمنح لجنةُ نوبل جائزةَ نوبل للسلام عام 1935 لشخص كان يعمل صحفيًا مُعادٍ للنازية؛ مما دفع الفوهرر لإصدار قانون يمنع أيَّ ألماني بالفوز بجائزة نوبل! ولذا، اعتقلْت الجستابو أو الشرطة السرية الألمانية دوماك بوحشية «لجريمته». وعندما اندلعت الحرب العالمية الثانية، افتدى

دوماك نفسه من خلال إقناعه النازيين (بالطبع رفضوا تصديقه في البداية) بأنَّ الأدوية يمكن أنْ تنقذ الجنود المصابين بالغرغرينا. لكن الحلفاء كانوا قد حصلوا على عقاقير السلفا بحلول ذلك الوقت، ولم يكن من المنطقيِّ أنْ تزيد شعبية دوماك بعدما عالج دواؤه ونستون تشرشل - في عام 1942 - العدو اللدود لألمانيا والعازم على سحقها.

الأسوأ من ذلك، أنَّ الدواء الذي وثق به دوماك لإنقاذ حياة ابنته أصبح بدعة خطيرة؛ فقد تداوى الناس بالسلفوناميد لعلاج كل التهابات الحلق وإصابات البرد الخفيفة، وسرعان ما اعتبروه نوعًا من الإكسير، وانقلبت آمالهم إلى مزحة سخيفة وضارة عندما استغرق الباعة المتجولون في الولايات المتحدة في الاستفادة من هذا الهوس فأخذوا يبيعون السلفوناميد المحلى مع مقاوم للتجمد؛ فتوفي المئات في

غضون أسابيع، كدليل آخر على أنه عندما يتعلق الأمر بعلاج شامل يشفي؛ فإنَّ سذاجة البشر لا حدود لها.

المضادات الحيوية تتويج لاكتشافات باستير عن الجراثيم. ولكن، ليست كل الأمراض سببها الجراثيم؛ فهناك أمراض كثيرة تعود لخلل كيميائيٍّ أو هرمونيٍّ. والطب الحديث لم يبدأ بمعالجة تلك الفئة الثانية من الأمراض إلا بعد تبنّي أفكار باستير الأخرى في علم الأحياء؛ الكايرالية. لم يكن وقت طويل قد مضى بعد تعبيره عن رأيه حول الفرصة والعقل المستعد، حتى قال باستير شيئًا آخر، وإن لم يكن بليغًا كما يجب، فإنه يثير شعورًا عميقًا من العجب، فهو شيء غامض حقًّا: «ما الذي يجعل الحياة تحيا؟!». بعد اقتناعه بأنَّ الحياة لديها انحياز إلى اليدوانية على مستوى عميق، أشار باستير إلى أنَّ الكايرالية الوحيدة «علامة جيدة، خط ترسيم في الوقت الحاضر يمكن أن

يرسم كيمياء مادة ميتة وكيمياء مادة حية [103]. إذا كنتَ تتساءل: ما هي الحياة؟ فإنَّ الكيمياء هي جوابك».

اكتشاف باستير أرشد الكيمياء الحيوية لمدة قرن؛ في الوقت الذي حقق فيه الأطباء تقدُّمًا كبيرًا في فهم الأمراض. وفي الوقت نفسه، إنَّ المعرفة التي تتضمن علاج الأمراض، وهي الجائزة الحقيقية، ستتطلب معرفة كايرال الهرمونات وكايرال الكيميائية الحيوية، وأدرك العلماء أنَّ قول باستير المأثور - مهما كان مميزًا ومفيدًا - يبرز بمهارة جهلهم شيئًا مهمًّا؛ عندما أشار إلى الهوة بين الكيمياء «الميتة» التي يمكن للعلماء القيام بها في المختبر والكيمياء الخلوية الحية التي تساعد الحياة، أشار باستير في الوقت نفسه إلى عدم وجود طريقة لتقاطعهما.

لكن ذلك لم يمنع الناس من المحاولة؛ فقد حصل بعض العلماء على كايرال المواد الكيميائية بتقطير خلاصات

والهرمونات من الحيوانات، ولكن في النهاية ثبت أن ذلك عمل شاقٌّ جدًّا. (في العشرينيات، كان اثنان من الكيميائيين في شيكاغو يهرسان عدة آلاف الباوندات من خصى الثيران في الحظائر للحصول على بضع أونصات من أول تستوستيرون نقيٍّ). كان النهج الآخر الممكن هو تجاهُل تميُّز باستير، وتصنيع المواد الكيميائية الحيوية من كلا النوعين الأيمن والأيسر. في الواقع، كان من السهل إلى حدٍّ ما القيام بذلك بسبب - إحصائيًّا - ردود الفعل التي تنتج جزيئات يدوانية تتشكل بالقدر نفسه من اليمين واليسار. المشكلة مع هذا النهج هي أنَّ جزيئات الصورة المطابقة لها خصائص مختلفة داخل الجسم. المذاق المميز لليمون والبرتقال مشتق من الجزيئات الأساسية نفسها؛ واحدة كايرال أيمن وواحدة كايرال أيسر. المقابلات الضوئية الخاطئة يمكن أنْ تدمِّر الشكل الأيسر بيولوجيًّا. بدأتْ شركة أدوية ألمانية

في الخمسينيات تسويق علاج لغثيان الصباح لدى النساء الحوامل، ولكن النماذج النافعة العلاجية من المكوِّن النشط كانت مختلطة مع نموذج المقابلات الضوئية الخاطئة؛ لأنَّ العلماء لا يمكنهم أنْ يفصلوا بينها. العيوب الخلقية الشاذة التي نتجتْ - خاصة الأطفال الذين ولدوا بدون ساقين أو ذراعين، أو كانت أياديهم وأقدامهم مثبَّتة في جذوعهم مثل زعانف السلحفاة - جعلت من الثاليدومايد أكثرَ المركبات الصيدلانية سيئة السمعة في القرن العشرين.

عندما اكتُشفتْ كارثة الثاليدومايد، بدا أنَّ أدوية الكايرال انتهى أمرها؛ ولكن في الوقت الذي كان الناس فيه يعلنون الحداد على أطفال الثاليدومايد، بدأ كيميائيٌّ من سانت لويس يدعى وليام نولز بالعمل مع عنصر بطل غير متوقع، هو الروديوم، في مختبر أبحاث خاص في مونسانتو وهو إحد الشركات التي تعمل في مجال التكنولوجيا الحيوية الزراعية.

تحايل نولز بهدوء على باستير، وأثبت أنَّ المادة «الميتة» إذا تعاملتَ معها بذكاء يمكن أنْ تنشط وتتحول إلى مادة حية.

كان لدى نولز جزيءٌ مسطح ثنائيٌّ الأبعاد يريد تضخيمه إلى ثلاثيٍّ أبعاد؛ لأنَّ الجزء اليساريَّ من الجزيء ثلاثيّ الأبعاد أظهر تأثيراتٍ مبشِّرة على أمراض الدماغ مثل شلل الرعاش. نقطة الخلاف كانت في الحصول على اليدوانية الصحيحة. لاحظ أنَّ الأجسام ثنائية الأبعاد لا يمكن أنْ تكون «كايرال»، بعد كل شيء، ورق مقوى مقتطع على شكل يدك اليمنى يمكن أنْ يطابق اليد اليسرى. اليدوانية تتبع فقط مع المحور العيني z–axis. لكن المواد الكيميائية غير الحية في تفاعلها لا تعرف استخدام إحدى اليدين أو الأخرى[104]. إنها تستخدم كلتيهما، إلاّ إذا خدعت.

كانت خدعة نولز هي تحفيز الروديوم؛ حيث تقوم المحفزات بتسريع التفاعلات الكيميائية لدرجة من الصعب فهمها لدى الإنسان العادي. بعض المحفزات تحسِّن من معدلات التفاعل ملايين، ومليارات، بل مئات المليارات من المرات. الروديوم يعمل بسرعة جدًّا، ووجد نولز أنَّ ذرة الروديوم يمكن أنْ تضخِّم ما لا يُحصى من الجزيئات ثنائية الأبعاد؛ لذا أضاف الروديوم إلى وسط مركب كايرال بالفعل، وتكوّن حافزًا للكايرال.

كان الجزء الذكيُّ أنَّ كلاّ من محفز الكايرال مع ذرة الروديوم والهدف الجزيء ثنائيّ الأبعاد، كانت متمددة ومتضخمة؛ لذلك اقتربت من بعضها بعضًا للتفاعل كما يفعل اثنان من الحيوانات مفرطة السمنة في محاولة منهما للتزاوج! وهذا ما حدث؛ فكان مركب الكايرال يستطيع أنْ يلكز ذرة الروديوم داخل الجزيء ثنائيِّ الأبعاد فقط من مكان

واحد. وانطلاقًا من ذلك المكان، مع الأذرع وبمساعدة شحم البطن، يمكن أنْ يتحول ثنائيُّ الأبعاد إلى جزيء ثلاثيِّ الأبعاد في بُعد واحد فقط.

إنَّ المناورة محدودة أثناء التزاوج، إلى جانب قدرة الروديوم المحفز على التفاعل السريع، مما يعني أنَّ نولز يمكنه القيام فقط بالقليل من العمل الصعب - صنع محفز كايرال الروديوم - وما زال يجني الكثير من جزيئات اليدوانية الصحيحة.

بحلول عام 1968، بدأت رحلة تركيب الأدوية الحديثة، تلك الرحلة التي توجت في وقت لاحق مع جائزة نوبل في الكيمياء لنولز في عام 2001.

وبالمناسبة، إنَّ الدواء الذي تمخَّض عن روديوم نولز هو الدوبا L–dopa؛ وهو مركب اشتُهر من كتاب أوليفر

ساكس الاستيقاظ. وثق الكتاب كيف أيقظ عقار الدوبا ثمانين مريضًا كانوا يعانون من مرض باركنسون الشديد بعد أصابتهم بمرض النوم (التهاب الدماغ السباتيّ) في العشرينيات. كان الثمانون جميعهم نزلاء في المؤسسات الصحية، والعديد منهم أمضوا أربعة عقود وهم يعانون تشويشًا ذهنيًّا عصبيًّا، وعدد قليل منهم أصيبوا بحالة من الفصام! وصفهم ساكس بأنهم «يفتقرون تمامًا للطاقة، والحماسة، والمبادرة، والدافع، والشهية، والتأثير، أو الرغبة... وأنهم خياليون كالأشباح، وخامدون كالرجال الآليين... إنهم براكين خامدة».

في عام 1967، حقق طبيبٌ نجاحًا باهرًا في علاج مرضى شلل الرعاش مع الدوبا؛ المادة الكيميائية للدوبامين في الدماغ. (كما يفعل برونتوسيل دوماك، فإنَّ الدوبا ينشط بيولوجيا الجسم) ولكن اليدوانية اليمنى واليسرى في الجزيء

معقّدتان ويصعب فصلهما، وكلَّف الدواء أكثر من 5000 دولار للباوند الواحد. على نحو غريب - وبدون تفسير - لاحَظَ ساكس أنَّ «تكلفة الدوبا انخفضت بشكل حاد في نهاية عام 1968». ثم تحرر من إنجاز نولز، بدأ ساكس علاج مرضاه المصابين بالفصام في نيويورك بعد فترة ليست طويلة، وفي فصل الربيع من عام 1969، بطريقة ما، في حين لم يتصور أحد أو يتوقع، «ثارت الحياة في تلك البراكين الخامدة».

التشبيه بالبراكين دقيق جدًّا، حيث إنَّ آثار الدواء لم تكن حميدة كليًّا؛ فقد أصبحت لدى بعض الأشخاص حركة مفرطة، مع تسابق في الأفكار. وآخرون ظهرت لديهم أعراض الهلوسة أو النخر على الأشياء مثل الحيوانات. ولكن أولئك الأشخاص المنسيين فضّلوا بما يشبه الإجماع

هوَس الدوبا على فتورهم السابق. يتذكر ساكس أنَّ أسرهم والعاملين في المستشفى قد نظروا إليهم لفترات طويلة على أنهم «ميتون بالواقع»، وحتى إنّ البعض يعتبرون أنفسهم ضحايا لذلك. اليدوانية اليسرى من دواء نولز الوحيد ساهمت في إعادة الروح إليهم. ومرة أخرى، تثبت الأيام صحة قول باستير المأثور حول الخصائص الكايرالية الكيميائية المناسبة الواهبة للحياة.

الفصل الحادي عشر:

كيف تخدع العناصر؟

I Na K Be Ti N

في الماضي، لم يكن يخطر على بال أحد أنَّ الروديوم - ذلك المعدن الرماديَّ المجهولَ - يمكن أنْ ينتج شيئًا عجيبًا مثل الدوبا. ولكن، حتى بعد مئات السنين من تاريخ الكيمياء، لا تزال العناصر تفاجئنا باستمرار، سواء أحصل ذلك على نحو جيد أو سيئ. يمكن للعناصر أنْ تشوِّش وعيَنا، وتعيق عملية التنفس، وتربك حواسنا الشعورية، حتى إنها قد تسبب خللاً في قدرات الإنسان العقلية؛ كما هو الحال مع اليود. إنَّ لدى الكيميائيين فهمًا جيدًا للعديد من

العناصر، وخواصها، مثل: درجة الانصهار أو الوفرة في قشرة الأرض، ويسرد دليل سي آر سي CRC للكيمياء والفيزياء - æ 2804 صفحات - كلَّ الخواص المادية لكل عنصر، بخانات عشرية أكثر مما تحتاج إليه من معلومات. على المستوى الذريِّ، يمكن التنبؤ بتصرفات العناصر، ولكن الكيميائيين عندما يواجِهون كل هذا التعقيد في الأحياء، فإنهم يشعرون بالارتباك. حتى إنّ العناصر المألوفة التي نستخدمها كل يوم، إذا واجهتْ ظروفًا غير طبيعية، يمكن أنْ تنبثق منها مفاجآت سيئة.

في 19 مارس 1981، فكَّ خمسة فنيين لوحًا على متن نموذج محاكٍ لمركبة فضاء في مقر ناسا في كيب كانافيرال، ودخلوا مقصورة خلفية ضيقة فوق المحرك. كانت ساعات يوم العمل الثلاث والثلاثون قد انتهت لتوها بعد تنفيذ تجربة محاكاة إقلاع المركبة الفضائية، مع المكوك

كولومبيا - مكوك الفضاء الأكثر تقدُّمًا في ذلك الوقت - والذي صُمم لإطلاقه في أول مهمة له في شهر أبريل.

كانت الوكالة على ثقة أن كل شيء على ما يرام. كان الجزء الأصعب من يومهم قد انتهى، وأخذ الفنيون - وهم يشعرون بالرضا والإجهاد معًا - يزحفون في الحجرة لفحص الأنظمة الروتينية. بعد ثوانٍ، وبشكل مخيف، سقطوا بهدوء منهارين.

حتى ذلك اليوم، لم تكن ناسا قد فقدتْ أيَّ شخص على الأرض أو في الفضاء منذ عام 1967 الذي شهد حادث احتراق ثلاثة من رواد الفضاء حتى الموت أثناء التدريب في أبولو 1. بعد ذلك الحادث، حرصتْ ناسا دائمًا على تخفيض الحمولة، لذا سمحتْ باستخدام الأكسجين النقيِّ فقط في المركبات الفضائية، وليس الهواء الذي يحتوي على 80 في المئة نيتروجين ÍúÃ) 80 في المئة حِمْل زائد). ولكن للأسف، كما أوردتْ ناسا في تقريرها الفنيِّ عام 1966¡

«الأكسجين النقيُّ [اللهيب] سوف يحرق أسرع، وهو أكثر سخونة من دون التخفيف الناتج من نيتروجين الغلاف الجويِّ لاستيعاب بعض الحرارة أو التدخل بطريقة أخرى». بمجرد أنْ تمتص الذرات في جزيئات الأكسجين (O_2) تتفكك الحرارة كيميائيًّا، وتزداد النار اشتعالاً عن طريق سرقة الإلكترونات من الذرات المجاورة؛ في تلك الموجة التي تجعل الحرائق أكثر سخونة. الأكسجين أيضًا لا يحتاج إلى الكثير من الاستفزاز. أبدى بعض المهندسين قلقهم من أنَّ الكهرباء الساكنة من الفلكرو[105] على بذلات رواد الفضاء قد تشعل الأكسجين النقيَّ النشط. ومع ذلك، خَلُص التقرير إلى أنه على الرغم من أنَّ «الغاز الخامل يعمل كوسيلة لكبت القابلية للاشتعال؛ فإنَّ المواد المضافة الخاملة ليست ضرورية فحسب، بل إنها أيضًا معقدة بشكل كبير».

الآن، قد يكون هذا الاستنتاج صحيحًا في الفضاء؛ حيث ينعدم الضغط الجويُّ، ويوجد فقط غاز داخليٌّ لمنع المركبة الفضائية من الانهيار داخليًّا. ولكن عند التدريب على الأرض، في هواء الأرض الثقيل، كان فنيّو ناسا يزودون جهاز المحاكاة بأكسجين أكثر بكثير للحفاظ على الجدران من الانهيار؛ مما يعني خطرًا مضاعفًا لأنه يمكن لأيِّ حرائق صغيرة أن تشتعل بعنف بالأكسجين النقيِّ. لذا، عندما انطلقتْ شرارة مجهولة أثناء التدريب في ذلك اليوم من عام 1967، اجتاحت النيران المركبة، وأحرقتْ رواد الفضاء الثلاثة بداخلها.

أسفرت الكارثة عن الكثير من الأمور، وقررتْ ناسا أنَّ استخدام الغازات الخاملة ضروريٌّ في كل مكوك ونموذج محاكاة بعد ذلك، سواء أكانت الغازات معقدة أم لا. في

مهمة كولومبيا 1981، مُلئت المقصورة المعرَّضة لإنتاج الشرر - جزئيًّا - بالنيتروجين الخامل (N 2). الإلكترونيات والمحركات أيضًا تعمل فقط بالنيتروجين، لذا إذا انطلق الشرر فالنيتروجين - الذي يكون في شكله الجزيئيّ مغلقًا أكثر إحكامًا من الأكسجين - سوف يخفف الضرر. كان على العاملين الذين يدخلون مقصورة الغازات أنْ يرتدوا ببساطة الأقنعة الواقية من الغازات، أو ينتظروا حتى يتم ضخ النيتروجين خارجًا ويتسرب هواء التنفس؛ هذا الاحتياط لم يُتخذ يوم 19 مارس مع الأسف، فقد أعطى شخص ما الإشارة سريعًا، وزحف الفنيون في المقصورة على غير هدى، وانهاروا وكأنهم يؤدون الرقصة الأخيرة!

لم يكتفِ النيتروجين بمنع الخلايا العصبية وخلايا القلب من امتصاص أكسجين جديد، بل انتزع خلايا الأكسجين القليلة المخزنة للأوقات الصعبة، وسرَّع موت الفنيين. سحب

عمال الإنقاذ الرجال الخمسة خارجًا، ولكنهم استطاعوا إنقاذ ثلاثة منهم فقط. توفي جون بيورنشتاد، وفورست كول اللذان كانا في غيبوبة في يوم كذبة أبريل.

من باب الإنصاف لناسا، نقول إنه على مدى العقود القليلة الماضية، خنق النيتروجين عمال المناجم في الكهوف، والناس الذين يعملون في مسرِّع الجسيمات تحت الأرض[106] أيضًا، وفي كل مرة يتكرر سيناريو الفيلم المرعب؛ حيث يسقط الشخص الأول في غضون ثوانٍ دون سبب واضح، ثم يليه الثاني، وفي بعض الأحيان يندفع الشخص الثالث لإنقاذهما، فينتهي به الأمر بالسقوط بالطريقة نفسها. الجزء الأكثر إثارة للرعب هو أنه لا أحد يقاوم قبل أنْ يموت.

العجيب أنَّ الضحية دائمًا لا يبدو عليها الذعر أبدًا قبل أنْ تموت؛ على الرغم من عدم وجود الأكسجين. قد يبدو

الأمر غير قابل للتصديق. إذا كنتَ قد أوشكتَ مرة على الغرق تحت الماء؛ فإنَّ غريزة حب البقاء تجبرك على القفز نحو السطح. ولكن قلوبنا ورئاتنا وعقولنا ليس لديها في الواقع أيُّ مقياس للكشف عن الأكسجين. تلك الأعضاء تستشعر فقط أحد أمرين: إذا استنشقنا بعض الغازات - أيَّ غازات - أو أخرجنا ثاني أكسيد الكربون. ثاني أكسيد الكربون يذوب في الدم ليكون حمض الكربونيك، لذلك ما دمنا نتخلص من 2CO مع كل نفس ونخمد الحامض، فإنَّ أدمغتنا تسترخي في ارتياح. إنه حلٌّ تطوريٌّ حقًّا من شأنه أنْ يجعل عمل الأعضاء أكثر منطقية لرصد مستويات الأكسجين، حيث إن هذا الحل يجعلنا نتلهف للهواء. إنها طريقة سهلة - وجيدة بما فيه الكفاية - بالنسبة للخلايا للتأكد من أنَّ حمض الكربونيك قريب من الصفر، لذا تقوم الخلايا بالحد الأدنى من الجهد.

النيتروجين يحبط هذا النظام؛ إنه عديم الرائحة وعديم اللون، ولا يسبب تراكمًا حمضيًّا في عروقنا. نحن نتنفسه ونخرجه بسهولة؛ لذا تشعر رئاتنا بالاسترخاء، ولا يعيق الموصلات العقلية. إنه «يقتل بلطف»، ويتماشى مع نظام الجسم بإشارة مألوفة. (ومن المفارقات أنَّ اسم المجموعة التقليدية للعناصر في عمود النيتروجين، هي: «pnictogens» المشتقة من الكلمة اليونانية «الاختناق» æÃ «الخنق»). العاملون في وكالة ناسا - من ضحايا المكوك المنكوب كولومبيا الذي انفجر فوق تكساس (2003)؛ بعد اثنتين وعشرين سنة من حادث 1981 - من المرجح أنهم شعروا بالدوخة وبالتثاقل بسبب غشاوة النيتروجين. ولكن أيَّ شخص قد يشعر بهذه الأعراض بعد ثلاث وثلاثين ساعة من العمل، ولأنهم يمكن أنْ يُخرجوا

ثاني أكسيد الكربون بشكل طبيعي، بدأت هذه العملية تحدث في أدمغتهم بشكل قليل قبل أنْ يوقفها النيتروجين.

لأنَّ مهمة نظام المناعة في الجسم هي مكافحة الميكروبات والكائنات الحية الأخرى، فهو أكثر تطورًا من الناحية البيولوجية من الجهاز التنفسيِّ؛ هذا بالطبع لا يعني أنه بارع في تجنُّب الخداع. رغم ذلك، مع بعض الخدع الكيميائية ضد النظام المناعيِّ، يدع الجدول الدوريّ يدخل الجسمَ من أجل مصلحته.

في عام 1952، كان الطبيب السويديُّ بير إنجفار برونمارك يدرس كيفية إنتاج نخاع العظام خلايا الدم الجديدة. متحليًا بالشجاعة، أراد برونمارك مشاهدة هذا مباشرة؛ لذا حفر ثقوبًا في عظام الفخذ لدى أرانب الاختبار،

وغطّى الثقوب بطبقة رقيقة من التيتانيوم بسُمك قشر البيض «كنافذة» شفافة تسمح بمرور الضوء القويِّ. كانت المراقبة مرضية، قرر برونمارك أنْ يوقف استخدام أغطية التيتانيوم المكلفة في المزيد من التجارب؛ ومما سبب انزعاجه أن خلايا الدم لم تتغير، وتخلى عن تلك النوافذ (والأرانب المسكينة)، ولكن عندما حدث الشيء نفسه في التجارب التالية - التيتانيوم مقفل دائمًا وكأنه مثبت على عظم الفخذ - درس الوضع بشكل أقرب قليلاً، وما رآه جعل مشاهدة خلايا الدم غير الناضجة تبدو فجأة إلى حد كبير أقل إثارة للاهتمام، وأحدث ثورة في مجال الأطراف الاصطناعية الذي كان خاملاً.

منذ العصور القديمة، كان الأطباء يستبدلون بالأطراف المبتورة زوائدَ خشبية خرقاء وأرجل خشبية. أثناء الثورة الصناعية وبعدها، أصبح المعدن الاصطناعيُّ منتشرًا،

وحصل بعض الجنود المشوهين بعد الحرب العالمية الأولى على أقنعة لوجوههم مفصَّلة من القصدير؛ تلك الأقنعة التي سمحتْ للجنود بالمرور عبر الحشود دون أنْ يحدق فيهم أحد باشمئزاز أو يشعر تجاههم بالشفقة! ولكن، لا أحد كان قادرًا على دمْج المعدن أو الخشب في الجسم كحل مثاليٍّ. لقد رفض الجهاز المناعيُّ كل تلك المحاولات، سواء أكانت الأطراف مصنوعة من الذهب أو الزنك أو المغنيسيوم، أو أعضاء خنزير مغلفة بالكروم. بوصفه الرجل الشجاع، كان برونمارك يعرف السبب! عادة، تتحفز فرقة من خلايا الدم وتحيط بالجسم الغريب، وتقيِّده بالكولاجين الليفيِّ المصقول. هذه الآلية - إحكام القبضة على الجسم الغريب ومنعه من الهروب - تعمل بشكل ممتاز مثلما تفعل الرصاصة في الصيد. لكن الخلايا ليست ذكية بما فيه الكفاية للتمييز بين الأجسام الغريبة العدوانية والأجسام الغريبة المفيدة، وبعد

بضعة أشهر من الزرع، ستغطّى أيٌّ زوائد جديدة بالكولاجين، وتبدأ بالعمل بحرية.

لأنَّ هذا هو الحال حتى مع المعادن التي يؤيضها الجسم مثل الحديد، ولأنَّ الجسم لا يحتاج إلى التيتانيوم حتى بكميات ضئيلة، بدا أنَّ التيتانيوم هو المرشح المحتمل للقبول من قِبل النظام المناعيِّ. ومع ذلك، وجد برونمارك أنَّ التيتانيوم بسبب ما ينوِّم خلايا الدم؛ حيث إنه يثير استجابة صفر مناعية، وحتى يخدع خلايا التعظُّم في الجسم (الخلايا التي تكوّن العظام) لربط نفسها إليها كما لو لم يكن هناك فرق بين العنصر اثنين وعشرين والعظام الحقيقية، فهو يدمِج نفسه في الجسم كليًّا، ويخدع الجسم لصالحه. منذ عام 1952، كان التيتانيوم مثاليًّا لصناعة الأسنان المزروعة، ومسامير الأصابع، والمفاصل القابلة للاستبدال، مثل مفصل

ورك والدتي الذي أجرتْ عملية لاستبداله في أوائل التسعينيات.

بسبب حظٍّ فلكيٍّ سيئ، أزال التهاب المفاصل الغضروف في مفصل ورك والدتي في سن مبكرة؛ تاركًا العظم يطحن على العظم مثل الهاون الخشن والمدقة. استبدال مفصل الورك بالكامل وهي في سن الخامسة والثلاثين، يعني وجود قطعة من التيتانيوم مع كرة في النهاية مطروقة مثل العارضة الحديدية إلى عظم الفخذ المنشور، والمفصل مربوط في حوضها. وبعد بضعة أشهر، كانت تمشي بلا ألم للمرة الأولى منذ سنوات، وقالت بسعادة إنها قد قامت بالعملية الجراحية نفسها التي قام بها بو جاكسون[107].

لسوء الحظ، فشل ورك والدتي للمرة الأولى في غضون تسع سنوات، وذلك يرجع جزئيًّا إلى عدم رغبتها في أنْ تمارس عملها بسهولة في روضة الأطفال الخاصة بها. عاد

الألم والالتهاب، وكان على فريق آخر من الجراحين فتح الورك مرة أخرى. واتضح أنَّ الجزء البلاستيكي داخل تجويف الورك الصناعيِّ بدأ يتقشر، كان جسدها يقوم بواجبه في مهاجمة شظايا البلاستيك والأنسجة المحيطة به وغطائها بالكولاجين. ولكن مفصل التيتانيوم الذي يرتكز على حوضها لم يفشل في واقع الأمر؛ بل كان يصطك ليناسب قطعة التيتانيوم الجديدة. كنوع من التذكار لكونها أصغر مريضة تستبدل الورك مرتين، قدَّم الجراحون في مايو كلينيك لوالدتي المفصل الأصليَّ لتحتفظ به، ولا يزال موجودًا لديها في المنزل في مغلف مانيلا. إنه في حجم كرة التنس مقطوع إلى نصفين. وحتى اليوم، بعد عقد من الزمن، لا تزال أجزاء من الترسبات البيضاء ملتصقة بسطح التيتانيوم الرماديِّ الداكن.

حتى الآن، تعد الأجهزة الحسية لدينا - أعضاء اللمس والشم والتذوق - الأجزاء الأكثر تقدُّمًا في نظام المناعة

لدينا، فهي الجسر بين أجسادنا المادية وعقولنا. ولكن، يجب أنْ يكون واضحًا الآن أنَّ مستويات جديدة من التعقيد تقدِّم نقاط ضعف جديدة وغير متوقعة في أيِّ نظام حياة. واتضح أنَّ الخداع البطوليَّ من التيتانيوم مجرد استثناء. ونحن نثق في حواسنا للحصول على معلومات حقيقية عن العالم، وللحماية من الخطر، ولنتعلم كيف نخدع حواسنا بسهولة، إنه حقًّا أمر بسيط ومخيف إلى حد ما.

داخل فمك توجد مستقبلات إنذار، تقول لك: «ضع ملعقة الحساء جانبًا قبل أنْ يحترق لسانك! ولكن، بشكل غريب، تحتوي صلصة الفلفل الحار على مادة كيميائية، هي كابسيسين، التي تهيج تلك المستقبلات أيضًا. النعناع يبرد فمك لأنَّ ميثانول النعناع يستولي على مستقبلات البرودة، ويتركك مرتجفًا كما لو أنَّك تعرضتَ للتو لعاصفة من القطب الشماليِّ. العناصر تقوم بحيل مماثلة مع الشم

والتذوق. إذا أراق شخص ما قدرًا ضئيلاً من التيلوريوم على نفسه، فسوف تفوح منه رائحة عفنة تشبه رائحة الثوم لمدة أسابيع، والناس سوف يعرفون أنه سيغلق على نفسه في غرفة لمدة ساعة بعد ذلك. المحير أكثر أنَّ البريليوم - العنصر الرابع - مذاقه يشبه السكر. أكثر من المغذيات الأخرى، البشر بحاجة إلى الطاقة السريعة من السكر للعيش، وبعد آلاف السنين من الصيد للحصول على القوت في البرية، سوف تعتقد أنَّ لدينا أجهزة متطورة جدًّا للكشف عن السكر. مع ذلك، فالبريليوم - المعدن الشاحب والجامد وغير القابل للذوبان مع الذرات الصغيرة التي لا تبدو مثل جزيئات السكر الحلقية - يثير براعم التذوق بالطريقة نفسها.

هذا تمويه قد يكون مسليًا فقط، إلاّ أن البريليوم - على الرغم من طعمه الحلو - يتحول في لحظات وبسرعة جدًّا إلى عنصر سام[108]. حسب بعض التقديرات، حوالى عُشر

عدد السكان يعانون حساسية شديدة؛ في ما يسمى مرض البريليوم الحاد الذي يوازي الحساسية من الفول السودانـيّ. حتى بالنسبة للبقية منا، التعرُّض لمسحوق البريليوم يمكن أنْ يسبب التهابًا رئويًّا مثل ذاك الذي يسببه استنشاق جزيئات السيليكا؛ كما توصل لذلك واحدٌ من أعظم العلماء: إنريكو فيرمي. بجرأة الشباب، استخدم فيرمي مسحوق البريليوم في التجارب على اليورانيوم المشع. كان البريليوم ممتازًا في تلك التجارب؛ لأنه عندما يخلط مع المواد المشعة، فهو يبطئ الجسيمات المنبعثة. وبدلاً من السماح للجزيئات بالهروب دون جدوى في الهواء، يقوم البريليوم بتثبيتها على شبكة اليورانيوم لضرب المزيد من الجسيمات المتحررة. في السنوات الأخيرة من حياته، بعد انتقاله من إيطاليا إلى الولايات المتحدة، تطور فيرمي بثقة مع هذه التفاعلات التي بدأ بها أول تفاعل تسلسليٍّ نوويٍّ، في جامعة شيكاغو، في

ملعب الاسكواش. (ولحُسن الحظ، كان ماهرًا بما فيه الكفاية لوقف ذلك أيضًا). ولكن، عندما طوع فيرمي الطاقة النووية، ضره البريليوم عندما استنشق عن غير قصد الكثير من مسحوق حلوى الكيميائيين عندما كان شابًّا، وسقط فريسة للالتهاب الرئويِّ الذي مزَّق رئتيه في عمر يناهز الثالثة والخمسين، وصار مقيدًا باستمرار إلى أنبوب الأكسجين.

يمكن للبريليوم أنْ يخدع الناس الذين يجب أنْ يعرفوا عنه أكثر، ويرجع ذلك إلى أنَّ البشر لديهم مثل هذا الشعور الغريب من الذوق. الآن، يمكن الاعتماد على بعض الأنواع الخمسة لبراعم الذوق. براعم التذوق المر تبحث عن الطعام؛ خصوصًا النباتات، وعن مواد النيتروجين الكيميائية السامة مثل السيانيد في بذور التفاح. براعم التذوق المالح، أو التذوق أومامي[109]، المرتبط بالغلوتامات (الغلوتامات أحادية الصوديوم) كما في الأحماض الأمينية. يساعد الغلوتامات

في بناء البروتينات. وبالتالي، إنّ براعم الذوق تتبهك إلى الأطعمة الغنية بالبروتين. ولكن براعم التذوق الحلو والمر سهلة الابتزاز؛ فيسهل على البريليوم خداعها؛ كما يفعل البروتين الخاص بالتوت ضمن بعض أنواع النباتات. بروتين ميراكيولين، وهو اسم على مسمى، يزيل الحموضة الزائدة في الأطعمة دون تغيير طعم الأغذية؛ حيث يجعل طعم خل التفاح مثل عصير التفاح، أو صلصة تاباسكو مثل صلصلة المارينارا. يقوم ميراكيولين بهذا عن طريق كتم براعم التذوق الحامض، وربط براعم التذوق الحلو ووضعها في حالة تأهب قصوى لأيونات الهيدروجين الضالة (H+) التي تنتج الأحماض.

وعلى المنوال نفسه، الأشخاص الذين يستنشقون بطريق الخطأ حمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك في كثير من الأحيان يتذكرون ألم أسنانهم كما لو كانوا قد أجبروا على

أكل شرائح الليمون الحامضة للغاية. ولكن، كما أثبت جيلبرت لويس، تتصل الأحماض اتصالاً وثيقًا مع الإلكترونات وشحنات أخرى. على المستوى الجزيئيِّ، إن «الحامض» ببساطة هو ما نتذوقه عندما تتفتح براعم التذوق لدينا، وتدخل أيونات الهيدروجين بسرعة. ألسنتنا توحِّد الكهرباء، وتدفق الجسيمات المشحونة بالأحماض اللاذعة. أليساندرو فولتا، النبيل الإيطالي ومصدر إلهام المسمى «فولت»، أثبت مرة أخرى هذا الأمر حوالى عام 1800 بتجربة ذكية. كان لدى فولتا عدد من المتطوعين الذين شكلوا سلسلة، وكل واحد يقرص لسان من بجانبه، ثم وضع آخر شخصين أصابعهم على أسلاك البطارية. وعلى الفور، على طول السلسلة، وجد الأشخاص أنَّ أصابعهم جميعًا بطعم الحامض.

تتأثر براعم التذوق المالح أيضًا من تدفق الشحنة، ولكنها شحنة على عناصر معينة فقط. يثير الصوديوم رد الفعل المالح على ألسنتنا بقوة، ولكن البوتاسيوم - القريب الكيميائيَّ للصوديوم - لا يقوم بذلك، وطعمه مالح أيضًا. كلا العنصرين موجودان في الطبيعة كأيونات مشحونة. وفي الغالب، ليس الصوديوم أو البوتاسيوم على تلك الشحنة ما يكتشفه اللسان فقط. نحن نطوّر التذوق لأنَّ أيونات البوتاسيوم والصوديوم تساعد الخلايا العصبية على إرسال إشارات فتتقبض العضلات، لذلك سنصاب فعلاً بالسكتة الدماغية، وسوف تتوقف قلوبنا بدون تزويدها بهذه الشحنة. ألسنتنا تتذوق أيونات فسيولوجية أخرى - مثل المغنيسيوم والكالسيوم[110] - مالحة بشكل غامض أيضًا.

بالطبع، التذوق عملية معقدة جدًّا. فالملوحة ليست بالسهولة على النحو المضمن في الفقرة الأخيرة. نحن نتذوق

أيضًا من الناحية الفسيولوجية أيونات عديمة الفائدة تحاكي الصوديوم والبوتاسيوم وذات مذاق مالح (على سبيل المثال: الليثيوم والأمونيوم). واعتمادًا على ما يقترن به الصوديوم والبوتاسيوم، يمكن حتى أن يكون طعمهم حلوًا أو حامضًا. في بعض الأحيان، كما هو الحال مع كلوريد البوتاسيوم، جزيئات الطعم المر نفسها تكون بتركيزات منخفضة، ولكنها تتحول - مثل حلوى ونكا - إلى ملح بتركيزات عالية. يمكن للبوتاسيوم أيضًا أنْ يوقف عمل اللسان. مضغ البوتاسيوم الخام الجمنميت gymnemate - وهي مادة كيميائية من أوراق نبات العارياء سيلفستر - سوف يحيِّد ميراكيولين؛ البروتين المعجزة الذي يحول الحامض إلى الحلو. في الواقع، بعد مضغ بوتاسيوم الجمنميت، يتلاشى الانتعاش المذكور الذي يحصل عليه اللسان والقلب عادة من الجلوكوز أو السكروز أو الفركتوز: أكوام من السكر الخام

تتهال على عضو الذوق اللسان وكأنها الكثير من الرمال[111].

كل هذا يشير إلى أنَّ التذوق دليل سيئ بشكل مخيف لمعاينة العناصر. لماذا خداع البوتاسيوم العادي لنا غريب؟ ولكن، ربما كان جعْل مراكز المتعة في الدماغ متحمسة جدًّا وراضية أكثر استراتيجيات جيدة للمغذيات. بالنسبة للبريليوم، إنه يخدعنا ربما لأنه لا يوجد إنسان واجَه البريليوم النقيَّ من قبْل، حتى تم عزْله كيميائيًّا في باريس بعد الثورة الفرنسية؛ لذلك لم يكن لدينا الوقت لنطوِّر نفورًا صحيًّا منه. النقطة هي أننا جزءٌ أصيل من بيئتنا. ومهما كانت أدمغتنا جيدة في تحليل المعلومات الكيميائية في المختبر أو في تصميم التجارب الكيميائية، فسوف تستخلص حواسنا الاستنتاجات

الخاصة بها، وستعثر على الثوم في التيلوريوم، ومسحوق السكر في البريليوم.

يبقى التذوُّق واحدًا من المتع البدائية لدينا. وهو معقد بشكل يثير التعجب؛ فالمكون الرئيس للتذوق هو الشم، وهو الشعور الوحيد الذي يتجاوز العملية العصبية المنطقية ويرتبط مباشرة بالمراكز العاطفية في المخ. ونتيجة لمزيج الحواس، اللمس والشم، فإن التذوق يحفر أعمق في المكامن العاطفية لدينا، أكثر مما تقوم بها حواسنا الأخرى وحدها. نحن نقبل بألسنتنا لسبب ما. عندما يتعلق الأمر بالجدول الدوريِّ، فمن الأفضل الحفاظ على أفواهنا مغلقة.

الجسم الحيُّ شديد التعقيد، فالأمر يشبه حركات جناحي الفراشة الفوضوية. إذا قمتَ بحقن عنصر عشوائيًّا في مجرى الدم أو الكبد أو البنكرياس، فلا يمكن التنبؤ بما سيحدث، ولا يُستثنى من ذلك العقل أو الدماغ؛ فأعلى قدرات الكائنات

البشرية لدينا - المنطق، والحكمة، والحكم - عرضة للخداع مع عناصر مثل اليود.

ولعل هذا الأمر لا ينبغي أنْ يكون مفاجأة، حيث إنَّ اليود مخادع بحكم بنيته الكيميائية. تميل العناصر إلى الحصول على ثقل على نحو متزايد عبر الصفوف من اليسار إلى اليمين، وديمتري مندليف قرر في الستينيات من القرن التاسع عشر أنَّ زيادة الوزن الذريِّ تقود دورية الجدول؛ مما جعل زيادة الوزن الذريّ قانونًا شاملاً للمادة. المشكلة هي أنَّ قوانين الطبيعة الشاملة لا يمكن أنْ تكون استثناءً. لاحظ فريق مندليف استثناءات صعبة؛ خاصة في الركن الأيمن السفليِّ من الجدول. التيلوريوم واليود يصطفان تحت عناصر مماثلة. التيلوريوم (العنصر اثنان وخمسون) يجب أنْ يقع إلى اليسار من اليود، العنصر ثلاثة وخمسين. لكن التيلوريوم أثقل من اليود، وظل أثقل منه بعناد بغض النظر

عن عدد المرات التي غضب مندليف على الكيميائيين لأنَّ مقاييس الوزن الخاصة بهم تخدعهم؛ فالحقائق ثابتة.

في الوقت الحاضر، يبدو أنَّ هذا العكس في ترتيب العناصر يعتبر حيلة كيميائية غير ضارة. كنكتة متواضعة عن مندليف، يعرف العلماء أربعة أزواج معكوسة بين العناصر الطبيعية الاثنين والتسعين اليوم، الأرجون والبوتاسيوم، والكوبالت والنيكل، واليود والتيلوريوم، والثوريوم والبروتكتينيوم؛ فضلاً عن عدد قليل من بين العناصر فائقة الثقل، من صنع الإنسان. ولكن، بعد مرور قرن بعد مندليف، أصبح اليود موازيًا للخداع الكبير الغدار، وكأنه لعبة الورقات الثلاث المرتبطة بجرائم المافيا. انتشرتْ شائعة استمرت حتى يومنا هذا بين مليار نسمة في الهند مفادها أنَّ المهاتما غاندي، حكيم السلام، كان يكره اليود تمامًا. ربما كره غاندي اليورانيوم والبلوتونيوم أيضًا؛ لأنهما قنابل قاتلة،

ولكن وفقًا لأتباع غاندي المعاصرين الذين يريدون أنْ يظل أسطورة قوية، فقد حجز مكانًا خاصًا من الكراهية في قلبه للعنصر ثلاثة وخمسين.

في عام 1930، قاد غاندي الشعب الهنديَّ في مسيرة الملح الشهيرة إلى داندي؛ احتجاجًا على الضريبة الجزافية التي فرضتها بريطانيا على الملح. كان الملح واحدًا من عدد قليل من السلع التي يستطيع بلد فقير مثل الهند إنتاجها بنفسه؛ فهي عملية بسيطة، حيث يجمع الناس مياه البحر، ويتركونها لتتبخر فيترسب الملح، ويبيعون الملح الجاف في الشارع في أكياس الخيش. كان فرض الحكومة البريطانية ضريبة على إنتاج الملح تقدر بنحو 8. 2 في المئة، يشبه في الجشع والسخافة فرض رسوم على البدو من أخذ الرمال، أو على الأسكيمو من صنع الثلج. احتجاجًا على هذه الضريبة، دعا غاندي أتباعه الثمانية والسبعين ليحشدوا

الناس في كل قرية على مسافة المسيرة الممتدة 240 ميلاً في 12 مارس (ÑÇÂ)، وعندما وصلت الجماهير الغفيرة إلى بلدة داندي الساحلية، وقف غاندي وسط الحشود، وفي ذروة الموقف الغاضب أمسك حفنةً من الرمل الغنيِّ بالملح، وصرخ: «بهذا الملح سأهز عرش الإمبراطورية البريطانية!».

وكان هذا بمثابة حادثة حزب شاي بوسطن [112] بالنسبة لشبه القارة الهندية. شجع غاندي الجميع لصنع الملح غير القانونيِّ، وغير الخاضع للضريبة. وعندما حصلت الهند على استقلالها في وقت لاحق بعد سبعة عشر عامًا، أصبح كلوريد الصوديوم - أو ما يسمى الملح العادي - شائعًا في الهند.

وكانت المشكلة الوحيدة هي أنَّ الملح العادي يحتوي على القليل جدًّا من اليود؛ المكوِّن المهم لصحة الجسم. وفي وقت مبكر من القرن العشرين، وجدت الدول الغربية أنَّ

إضافة اليود إلى النظام الغذائيِّ هي أرخص التدابير الصحية التي يمكن للحكومات اتخاذها، وأكثرها فعالية؛ وذلك لمنع العيوب الخلقية والتخلف العقليِّ. بداية من سويسرا في عام 1922، أقرَّت العديد من البلدان استخدام الملح المعالج باليود، حيث إنَّ الملح طريقة سهلة ورخيصة لتقديم العنصر. أدرك الأطباء الهنود أنه مع تربة الهند المستهلكة لليود وارتفاع معدل المواليد الكارثي، فمن الممكن إنقاذ ملايين الأطفال من الإصابة بالتشوهات والشلل من خلال إضافة اليود إلى ملحهم أيضًا.

ولكن، حتى بعد مرور عقود على مسيرة غاندي إلى داندي، يصنع وينتج الملح شعبيًّا. أما الملح المعالَج باليود والذي دفع به الغرب إلى الهند فقد بقي نفحة من الاستعمار. وعندما أصبحتْ فوائده الصحية أكثر وضوحًا وأصبحت الهند أكثر تحدثًا، حظر انتشار الملح غير المعالج باليود

بين حكومات الولايات الهندية من الخمسينيات وحتى التسعينيات، ولكن المعارضة لم تستسلم للأمر. في عام 1998، عندما أجبرت الحكومة الاتحادية الهندية ثلاث ولايات على حظر الملح العادي، كان هناك رد فعل عنيف. احتج مصنعو الملح الصغار بأنهم سيتحملون تكاليف إضافية. أمّا القوميون الهندوس والغانديون فقد اعتمل الغضب في صدورهم ضد تعدي العلم الغربيِّ. حتى إنَّ بعض المتوهمين بالمرض قلقوا - بدون أيِّ أساس - من أنَّ الملح المعالج باليود من شأنه أن يصيب بالسرطان والسكري والسل؛ بالإضافة إلى «المزاج السيئ». عمل المعارضون بشكل محموم. وخلال عامين فقط - مع صدمة الأمم المتحدة وشعورها بالرعب، وكذلك كل الأطباء في الهند - ألغى رئيس الوزراء الحظر الفيدراليَّ على الملح العادي. هذا من الناحية الفنية جعل الملح العادي قانونيًّا في ثلاث ولايات

فقط، ولكن تم تفسير هذه الخطوة بأنها حُكم الأمر الواقع. انخفض استهلاك الملح المعالج باليود 13 في المئة على الصعيد الوطنيِّ؛ وبالتالي ارتفعت نسبة العيوب الخلقية.

لحسن الحظ، استمر إلغاؤه فقط حتى عام 2005؛ عندما حظر رئيس وزراء جديد مرة أخرى الملح العادي. ولكن هذا بالكاد يحل مشكلة اليود في الهند. الاستياء من ملح غاندي لا يزال يقلق الناس. الأمم المتحدة تأمل في غرس حب اليود في جيل أقل ارتباطًا بغاندي خصوصًا للأطفال الذين قاموا بتهريب الملح من مطابخ منازلهم إلى المدرسة؛ وفي مختبر الكيمياء، حيث قاموا مع معلميهم بتجارب عن اختبار نقص اليود. ولكن المعركة كانت خاسرة؛ فعلى الرغم من أنها ستكلف الهند بنسًا واحدًا فقط للشخص الواحد في السنة لإنتاج الملح المعالج باليود لمواطنيها، فإنَّ تكاليف نقل الملح لا تزال مرتفعة، حيث لا

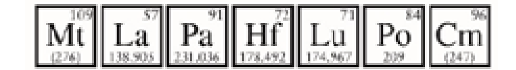
يستطيع نصف سكان البلد - نصف مليار شخص - الحصول على الملح المعالج باليود بانتظام حاليًا. العواقب ستكون وخيمة، وستتجاوز العيوب الخلقية؛ فإنَّ نقص اليود يسبب تضخم الغدة الدرقية، وهو تورم قبيح للغدة الدرقية في الرقبة. وإذا استمر النقص فستتوقف الغدة الدرقية عن العمل. وحيث إنَّ الغدة الدرقية تنظم إنتاج الهرمونات وإفرازها؛ بما في ذلك هرمونات في الدماغ، فإنَّ الجسم لا يستطيع العمل بسلاسة بدونها. قد يفقد الناس بسرعة قدراتهم العقلية، وقد تتراجع إلى التخلف العقليِّ.

الفيلسوف الإنكليزي برتراند راسل، الداعي إلى السلام، والشخصية الفكرية البارزة في القرن العشرين، استخدم مرة تلك الحقائق الطبية حول اليود لنقد فكرة الخلود. كتب: «الطاقة المستخدمة في التفكير يبدو أنَّ لها أصلاً كيميائيًّا... على سبيل المثال، نقص اليود سوف يحول

الرجل الذكيَّ إلى أحمق. يبدو أنَّ الظواهر العقلية مرتبطة ببنية مواد ملموسة». وبعبارة أخرى، إنَّ اليود جعل راسل يدرك أنَّ العقل والمشاعر والذكريات تعتمد على الظروف المادية في الدماغ. إنه لا يرى وسيلة لفصل «الروح» من الجسم، وخَلُص إلى أنَّ الحياة العقلية الغنية للبشر هي مصدر كل المجد، والكثير من الويل لهم؛ هي الكيمياء بشكل كامل. بعبارة أخرى، إننا نمثل الجدولَ الدوريَّ من البداية إلى النهاية.

القسم الرابع:
عناصر شخصية الإنسان

الفصل الثاني عشر:
العناصر السياسية



العقل البشريُّ والدماغ هما أكثر التركيبات المعروفة في الوجود تعقيدًا. ويُرهقان البشرَ دائمًا برغبات قوية ومعقدة، وغالبًا متناقضة، حتى في الأشياء العلمية الصارمة والواضحة. ويعكس الجدول الدوريُّ تلك الرغبات. لقد وضع البشر غير المعصومين الجدول الدوريَّ الذي يلتقي فيه أصحاب المبادئ الرفيعة والوضعاء على حد سواء. إنه المكان الذي نعرف به تطلعاتنا في الكون، وعلى أنبل القدرات البشرية أنْ تتفاعل مع هذه المواد المادية التي تشكل

عالمنا حتى رذائلنا وعيوبنا. يجسد الجدول الدوريُّ الإحباط والفشل لدينا في كل المجالات الإنسانية: الاقتصاد، وعلم النفس، والفنون، وحتى في السياسة، فقد أثبت إرث غاندي والتجارب على اليود أنَّ العناصر لها تاريخ اجتماعيٌّ، لا يقل أهمية وأثرًا عن التاريخ العلميِّ لها.

قد تكون أوروبا أفضل مكان لتتبّع التاريخ الاجتماعي للعناصر، ويمكنك أنْ تبدأ من البلد الذي كان في فترة ما فريسة للقوى الاستعمارية (مثل الهند في عصر غاندي). كما في العروض المسرحية الرخيصة، كانت بولندا تسمى «دولة على عجلات» لسرعة ظهورها واختفائها على المسرح العالميِّ. الإمبراطوريات المحيطة ببولندا - روسيا والنمسا والمجر وبروسيا وألمانيا - خاضت حروبًا طويلة على هذه السهول الخضراء الشاسعة وتم تقسيمها سياسيًّا. إذا قمتَ عشوائيًّا باختيار خريطة تعود لأيِّ سنة في القرون الخمسة

الماضية، فهناك احتمال كبير أنَّك لن تجد بلدًا اسمه Polska (بولندا).

لم تكن بولندا موجودة على الخريطة عندما وُلدت واحدة من ألمع البولنديات على الإطلاق، ماري سكلودوسكا، في وارسو عام 1867. وكما بنى مندليف جدوله العظيم، كانت روسيا قد ابتلعت وارسو قبل أربع سنوات بعد الثورة المنكوبة (كان معظم البولنديين منكوبين) من أجل الاستقلال. كانت روسيا القيصرية تتبنى وجهات النظر متخلفة عن تعليم النساء؛ لذلك قام والد هذه الفتاة بتعليمها بنفسه. وقد أظهرتْ نبوغًا كبيرًا في دراسة العلوم في سن المراهقة، ولكنها أيضًا انضمتْ إلى جماعات سياسية عنيفة وشاركتْ في الثورة من أجل الاستقلال، وكانت الثورة في كثير من الأحيان ضد الأشخاص الخطأ؛ فوجدت ماري أنَّ من الحكمة الانتقال إلى

مركز ثقافيٍّ كبير آخر في بولندا، واختارت مدينة كراكوف (التي كانت في ذلك الوقت تتبع النمسا، لحسن الحظ). ولكنها لم تحصل على التدريب العلميِّ الذي تطمح إليه؛ فانتقلتْ أخيرًا إلى جامعة السوربون في باريس البعيدة، وكانت تعتزم العودة إلى وطنها بعد حصولها على درجة الدكتوراه، ولكن عندما وقعتْ في حب بيير كوري آثرت البقاء في فرنسا.

في التسعينيات من القرن التاسع عشر، بدأت ماري وبيير كوري أكبر تعاون مثمر في تاريخ العلم. وكان النشاط الإشعاعيُّ حقلاً جديدًا رائعًا في تلك الأيام، وعملتْ ماري على اليورانيوم، أثقل عنصر طبيعيٍّ، الذي قدم نظرة مبكرة وحاسمة: حيث كانت كيمياء اليورانيوم منفصلة عن فيزيائه. ينطلق اليورانيوم النقيُّ من ذرة لذرة تمامًا مثل العديد من الأشعة المشعة واليورانيوم في المعادن؛ لأنَّ روابط الإلكترون

بين ذرة اليورانيوم والذرات المحيطة به (الكيمياء الخاصة به) لا تتأثر إذا (أو عندما) تصبح نواته مشعة (الفيزياء الخاصة به). لم يعد على العلماء اختبار الملايين من المواد الكيميائية وقياس النشاط الإشعاعيِّ المضجر لكل منها (كما يجب أنْ يفعلوا ذلك لمعرفة درجات الانصهار، على سبيل المثال)، بل احتاجوا فقط لدراسة العناصر التسعين ونيف في الجدول الدوريِّ. هذا بسَّط الحقل كثيرًا؛ فأزال العلماء خيوط العنكبوت المشتبكة، وكشفوا عن العوارض الخشبية التي ترفع الصرح. تقاسم الزوجان كوري جائزة نوبل عام 1903 في الفيزياء عن هذا الاكتشاف.

خلال هذا الوقت، كانت الحياة في باريس تروق لماري، وخاصة عندما رُزقت بابنة، هي إيرين، في عام 1897. لكنها لم تتوقف عن الفخر بأصلها البولنديِّ. في الواقع، كانت كوري مثالاً مبكرًا لنوع من السكان ظهر خلال القرن

العشرين، وأقصد بهم العلماء اللاجئين. مثل أيِّ نشاط بشريٍّ، كان العلم دائمًا ممتزجًا بالسياسة، والغيبة، والغيرة، والمناورات السخيفة. إنَّ أيَّ نظرة على السياسة من وجهة نظر العلم لن تكون كاملة دون أمثال هؤلاء. ولكن القرن العشرين يوفر أفضل (أو أبشع) أمثلة تاريخية على أنَّ اكتساح الإمبراطوريات يمكن أيضًا أنْ يكتسح العلم. لقد شوهت السياسة جهد اثنتين من أعظم العالمات على الإطلاق، وفتحت الجهود العلمية البحتة لإعادة صياغة الجدول الدوريِّ؛ باب الخلافات بين الكيميائيين والفيزيائيين. وأثبتت السياسة حماقة العلماء الذين يدفنون رؤوسهم في العمل في المعامل، آملين أنَّ العالم من حولهم يحل مشاكله بشكل مرتب، كما تفعل معادلاتهم العلمية.

لم يمضِ وقت طويل بعد حصولهما على جائزة نوبل، حتى قامتْ كوري باكتشاف مهم آخر؛ فبعد القيام بتجارب

لتنقية اليورانيوم، لاحظتْ، بفضول، أنَّ البقايا «النفاية» التي عادة ما تتخلص منها أكثرُ إشعاعًا من اليورانيوم بثلاثمائة مرة. وعلى أمل أنَّ النفايات قد تحوي عنصرًا غير معروف، استأجرتْ هي وزوجها غرفة مسقوفة - كانت تُستعمل في السابق كغرفة تشريح - وبدآ في غلي آلاف الباوندات من البتشبلند، خام اليورانيوم، في مرجل وتحريكه بواسطة ما وصفته قائلة: «قضيب حديديّ كان بحجمي تقريبًا!». كل هذا فقط من أجل الحصول على غرامات كافية من النفاية لدراستها بشكل صحيح. استغرق الأمر سنوات من العمل الشاقِّ الخانق، ولكن هذه المشقة تُوِّجت باثنين من العناصر الجديدة، واستنفدت طاقتهما معهما، حيث إنهما كانا عنصرين بعيدين - كل البعد - عن أيِّ عنصر مشع معروف من قبل. والتتويج الثاني كان جائزة نوبل أخرى في عام 1911، هذه المرة في الكيمياء.

قد يبدو من الغريب أنْ يتم الاعتراف بالعمل الأساسيِّ نفسه في فئات الجائزة المختلفة، ولكن في ذلك الوقت لم تكن الفروق بين الحقول في العلوم الذرية واضحةً كما هي عليه اليوم. العديد من الفائزين في وقت مبكر في كلٍّ من الكيمياء والفيزياء فازوا للأعمال المتصلة بالجدول الدوريِّ، حيث كان العلماء لا يزالون يفرزون الجدول. (فقط في وقت غلين سيبورغ وطاقمه كُوِّنَ العنصر ستة وتسعون وأطلق عليه اسم الكوريوم على شرف ماري، واعتُبر هذا العمل بثقة في مجال الكيمياء). ومع ذلك، لم يحصل أحد غير ماري كوري في تلك الحقبة المبكرة على أكثر من جائزة نوبل واحدة.

كسائر مكتشفي العناصر الجديدة، كان لكوري الحق في تسميتها. للاستفادة من الإحساس الذي تسببه هذه المعادن المشعة الغريبة (ليس أقلها أنَّ أحد المكتشفين كان امرأة)؛

سمَّت ماري العنصر الأول التي قامت بعزله هي وزوجها باسم البولونيوم، وهو مشتق من الاسم اللاتيني لبولندا (بولونيا)، تيمنًا باسم وطنها غير الموجود على الخريطة. لم يسمَّ أيٌّ عنصر من أجل أسباب سياسية من قبل، ويُفترض أنَّ اختيار ماري الجريء سيُحدث اهتمامًا عالميًّا، وينشط حركة النضال من أجل استقلال بولندا. لكن ما حدث كان مختلفًا؛ فقد تراجع الجمهور وتثاءب، ثم تهافتَ بدلاً من ذلك على تفاصيل حياة ماري الشخصية.

كبداية مأساويّة، دهستْ عربةٌ تسير في الشارع بيير، ومات[113] في عام 1906 (وهو السبب في أنه لم يشارك جائزة نوبل الثانية، لأنَّ هذه الجائزة لا يحصل عليها إلا من هم على قيد الحياة). وبعد سنوات قليلة، في بلد ما زال يغلي بسبب قضية درايفوس (عندما لفق الجيش الفرنسيُّ أدلة التجسس ضد ضابط يهوديٍّ يدعى درايفوس وأدانه بتهمة

الخيانة)، رفضت الأكاديمية الفرنسية المرموقة للعلوم انضمام ماري لكونها امرأة (تبرير صحيح) وللاشتباه بأنها يهودية (تبرير ملفَّق). بعد فترة وجيزة، هي وبول لانجفان، زميلها العلميّ - اتضح لاحقًا أنَّ العاطفة ربطتْ بينهما - حضرا معًا مؤتمرًا في بروكسل. أرادت زوجة بول لانجفان تعكير صفو رحلة الزميلين، فأرسلت الرسائل الغرامية المتبادلة بين ماري ولانجفان إلى إحدى صحف الإثارة، والتي نشرتْ جميع الرسائل الفاضحة. لانجفان المهان أمسك بمسدسه للدفاع عن شرف كوري، ولكنه لم يقتل أحدًا، الإصابة الوحيدة كانت فقط عندما تعرضت السيدة لانجفان لضربة بالكرسي!

تفجرتْ فضيحة لانجفان في عام 1911، واعترضت الأكاديمية السويدية للعلوم إثر ذلك على ترشيح كوري لثاني جائزة نوبل، خوفًا من التداعيات السياسية المترتبة عليها.

وقررتْ أنها لا تستطيع فعل ذلك بضمير علميٍّ مستريح، لكنهم طلبوا منها عدم حضور حفل تكريمها، إلا أنها ظهرتْ بكبرياء على أيِّ حال. (كانت ماري تتسم باللامبالاة. في إحدى المرات، أثناء وجودها في منزل عالم بارز، رافقتْ اثنين من الرجال إلى حجرة مظلمة لتريهما قنينة من المعدن المشع الذي يتوهج في الظلام، وبينما كانت عيونهم تتكيف مع هذه المادة، قاطعتهم طرقات قوية على الباب، كانت زوجة أحدهما التي تعرف سمعة المرأة المغرية كوري، وظننتْ أنهم أخذوا وقتًا أطول مما ينبغي).

وجدت ماري بعض الراحة من حياتها الشخصية الصعبة[114] عندما حلَّتْ كارثة الحرب العالمية الأولى وتفككت الإمبراطوريات الأوروبية، بُعثتْ بولندا من جديد، وتمتعتْ بمذاق الاستقلال لأول مرة منذ قرون. لكن تسمية العنصر الأول لها من بولندا لم يسهم في هذا الجهد. في

الواقع، اتضح أنه كان قرارًا سريعًا. إن البولونيوم - كمعدن - لا طائل منه، ويتحلل بسرعة، ربما كان كناية ساخرة عن بولندا نفسها. ومع موت اللغة اللاتينية، إنَّ الاسم الذي يتبادر إلى الذهن ليس بولونيا ولكن بولونيوس؛ الأحمق في مسرحية هاملت. الأسوأ من ذلك، العنصر الثاني، الراديوم، المضيء باللون الأخضر شفاف، سرعان ما دخل في المنتجات الاستهلاكية في جميع أنحاء العالم، حتى إنَّ الناس شربوا الراديوم المنقوع بالماء من قِدْر مبطنة بالراديوم، يسمى رفيجيترز Revigators باعتباره ماءً صحيًّا منشطًا. (الشركة التجارية راداثور Radithor باعت زجاجات فردية، مقطرة أوليًّا من الراديوم ومياه الثوريوم)[115].

في الإجمال، طغى الراديوم على شقيقه، وتسبب بالضبط بالضجة التي كانت كوري تأملها من مادة البولونيوم. وعلاوة

على ذلك، فقد تم ربط البولونيوم بالإصابة بسرطان الرئة الناتج عن التدخين؛ لأنَّ نباتات التبغ تمتص البولونيوم جيدًا بشكل مفرط وتركزها في أوراقها. عند حرقها واستنشاق دخانها فإنَّه يستولي على أنسجة الرئة بالنشاط الإشعاعيِّ. من بين جميع البلدان في العالم، فقط روسيا التي غزتْ بولندا مرات عديدة، تتزعج من تصنيع البولونيوم حاليًا. لهذا السبب، عندما أكل عميل الكي جي بي السابق ألكسندر ليتفينينكو السوشي المدسوس به البولونيوم، سقط ضحية لسرطان الدم، وظهر في أشرطة الفيديو وكأنه في سن المراهقة، بعد أن فقد كل شعره، حتى حاجبيه، وكان أرباب العمل السابقون في الكرملين هم المشتبه بهم الرئيسين في هذا الحادث.

تاريخيًّا، حالة واحدة فقط من حالات التسمم الحادة بالبولونيوم وصلتْ إلى حد دراما ليتفينينكو، وهي حالة إيرين

جوليو كوري، العالمة المتألقة بذاتها، الابنة ناعسة العينين التي ورثتْ عن ماري رشاقتها. اختارت إيرين وزوجها فريدريك جوليو كوري استكمال عمل ماري، وسرعان ما تجاوزاه. بدلاً من مجرد العثور على العناصر المشعة، عرفتْ إيرين طريقة لتحويل العناصر المروضة إلى ذرات مشعة مصطنعة عن طريق قذفها بجسيمات دون الذرية. قادها هذا العمل إلى جائزة نوبل في عام 1935. لسوء الحظ، اعتمدت جوليو كوري على البولونيوم كقاذف ذري. وفي أحد أيام عام 1946، بعد فترة ليست



رفيجيترز عصريٌّ، قِدر الفخار المبطنة بالراديوم النوويّ. يملأ المستخدمون الوعاء بالماء الذي يتحول إلى ماء مشع بعد نقعه لمدة ليلة. التعليمات تقترح شرب ستة أكواب باردة أو أكثر في اليوم للحصول على الانتعاش. (المتحف الوطنيّ للعلوم النووية والتاريخ)

طويلة من انتزاع بولندا من ألمانيا النازية لتسقط في يد الاتحاد السوفياتي فقط كدمية، انفجرتْ كبسولة من البولونيوم في مختبرها، واستنشقتْ عنصر ماري الحبيب. على الرغم من الإذلال العلنيّ ليتفينينكو، توفيتْ جوليو كوري بسرطان الدم في عام 1956؛ تمامًا كما حدث لوالدتها قبل اثنين وعشرين عامًا.

صاحبت الوفاة الحزينة لإيرين جوليو كوري مفارقة كبيرة؛ لأن المواد المشعة الاصطناعية الرخيصة التي

صنَّعتها أصبحتْ منذ ذلك الحين أدوات طبية حاسمة. عندما تبتلع كميات صغيرة منها، فإنَّ «المقتفيات» المشعة تضيء الأجهزة والأنسجة الرخوة بفعالية كما تفعل الأشعة السينية بالعظام. تقريبًا كل مستشفى في العالم يستخدم المقتفيات، ونشأ فرع كامل في الطب والأشعة يتناول حصريًّا هذا الخط. إنها مذهلة للتعلم، ثم بدا أنَّ المقتفيات في بدايتها لم تكن أكثر من حيلة طالب في الدراسات العليا، وهو صديق لجوليو كوري، في محاولة منه للانتقام من صاحبة النُّزل الذي كان يسكنه.

في عام 1910، قبل أنْ تحصل ماري كوري على ثاني جائزة نوبل للإشعاع، وصل الشاب جورج هيفيشي إلى إنجلترا لدراسة النشاط الإشعاعيِّ. وعلى الفور، أسند مدير مختبر جامعته في مانشستر، إرنست روذرفورد، إلى هيفيشي مهمة هرقلية لفصل الذرات المشعة من الذرات غير المشعة

داخل كتل من الرصاص. في الواقع، اتضح أنَّ المهمة ليست شاقة، بل مستحيلة. كان روذرفورد يفترض أنَّ الذرات المشعة، والمعروفة باسم الراديوم د، مادة فريدة من نوعها. في الواقع، كان الراديوم د رصاصًا مشعًّا، وبالتالي لا يمكن فصله كيميائيًّا. لجهله بهذا الأمر، أهدر هيفيشي عامين في محاولة يائسة لفصل الرصاص والراديوم د، قبل التخلي عن هذه المهمة.

هيفيشي - الأصلع، متدلي الخدين، وذو الشارب الأرستقراطي من المجر - واجه أيضًا الإحباط في مكان إقامته. كان هيفيشي بعيدًا عن الوطن ومعتادًا على تذوق الطعام الهنغاري اللذيذ، وليس الطعام الإنجليزي المُعدّ في النزل. بعد أنْ لاحظ أنماط الوجبات التي تقدم هناك، بدأ هيفيشي يشك في أنَّ صاحبة النزل تتصرف مثل كافتيريا المدرسة الثانوية التي تعيد تدوير الهامبرغر يوم الاثنين إلى

لحوم البقر بالفلفل الحار يوم الخميس، ولم يكن اللحم «الطازج» الذي تقدمه صاحبة النزل مختلفًا. وعندما واجهها، نفتْ ذلك، لذلك قرر هيفيشي التحقق من شكوكه.

وكان قد حقق إنجازًا في المختبر في ذلك الوقت؛ رغم أنه كان لا يزال غير قادر على فصل الراديوم د، لكنه أدرك أنه يمكن أنْ يقلب ذلك لمصلحته. بدأ يتأمل مدى إمكانية حقن كميات قليلة جدًّا من الرصاص المذاب في نسيج حيٍّ، ومن ثم تتبُّع مسار العنصر، حيث إنَّ هذا النسيج سيؤيض الرصاص المشع وغير المشع بالطريقة نفسها، كما أنَّ الراديوم د ينبعث منه ضوء النشاط الإشعاعيِّ أثناء تحركه، وإذا نجح هذا العمل، فإنه يمكنه في الواقع تتبُّع الجزيئات داخل الأوردة والأعضاء بدرجة غير مسبوقة من الدقة.

قبل أنْ يحاول القيام بالتجربة على كائن حيٍّ، قرر هيفيشي اختبار فكرته على نسيج من كائن غير حيٍّ، وهو

اختبار يدفعه إليه حافز خفيٌّ لديه؛ فأخذ الكثير من اللحوم في وجبة عشاء في إحدى الليالي، وعندما غابت صاحبة النزل عنه، رشَّ الرصاص «الساخن» عليها، وجُمعت بقايا طعامه كما هو معتاد. وفي اليوم التالي، أحضر هيفيشي للمنزل جهازًا من نوع جديد للكشف عن الإشعاع من مختبر صديقه هانز غايغر. وعندما مرَّر العداد فوق عشاء اللحم الهنغاريّ في تلك الليلة، أصدر عداد غايغر صوتًا قويًا: كليك، كليك، كليك، كليك. واجه هيفيشي صاحبة النزل بالأدلة. ولكن، لكون هيفيشي عالمًا رومانسيًّا، فقد بالغ بلا شك في ردة فعله، كما أنه أفشى أسرار النشاط الإشعاعيِّ. في الواقع، كانت صاحبة النزل مندهشة لكشفه حيلتها بمهارة بأحدث أدوات العلم، لكنها لم تغضب في الواقع، وإلى الآن لا نعلم ما إذا كانت صاحبة النزل قد غيرتْ قائمة الطعام أو لا؟!

بعد وقت قصير من اكتشاف المتفقدات، ازدهرتْ مهنة هيفيشي، واستمر في العمل على المشاريع التي تقوم على الكيمياء والفيزياء. ومع ذلك، إنّ هذيْن الحقليْن متباينان بشكل واضح، واختار معظم العلماء التخصص في أحدهما. ظل الكيميائيون مهتمين بترابط الذرات مع بعضها بعضًا، بينما فُتِن علماء الفيزياء بالأجزاء الفردية من الذرات، وظهر حقل جديد يسمى ميكانيكا الكم؛ وهي طريقة غريبة ولكنها جميلة للحديث عن المادة. غادر هيفيشي إنجلترا في عام 1920 للدراسة في كوبنهاغن مع نيلز بور؛ عالم فيزياء الكم الكبير. في كوبنهاغن قام بور وهيفيشي بفتح صدع عن غير قصد بين الكيمياء والفيزياء تحول إلى شرخ سياسيٍّ حقيقيٍّ.

في عام 1922، كان مربع العنصر اثنين وسبعين في الجدول الدوري فارغًا. وقد ظنَّ الكيميائيون أنَّ العناصر بين

سبعة وخمسين (اللانثانوم) وواحد وسبعين (اللوتيتيوم) جميعها تحوي مميزات العناصر الأرضية النادرة. كان العنصر اثنان وسبعون غامضًا. لم يكن أحد يعلم ما إذا كان يثبت في نهاية العناصر الأرضية النادرة التي يصعب فصلها - وفي هذه الحالة يكون على الباحثين عن العنصر اختبار جميع عينات اللوتيتيوم المكتشف مؤخرًا -aeÃ تصنيفه مؤقتًا على أنه من المعادن الانتقالية؛ فيستحق عمودًا خاصًّا به.

ووفقًا للتقاليد، أقام نيلز بور وحده في مكتبه، دليلاً على أنَّ العنصر اثنين وسبعين لم يكن اللوتيتيوم شبيه العناصر الأرضية النادرة. تذكر أنَّ دور الإلكترونات في الكيمياء لم يكن معروفًا، ودليل بور يقوم على الرياضيات الغريبة لميكانيكا الكم التي تقول إنَّ العناصر يمكنها إخفاء الكثير من الإلكترونات في مستوياتها الداخلية فقط. اللوتيتيوم

مستواه f مليء بالإلكترونات في كل الأكمام والأركان، وعلل بور ذلك بأنَّ العنصر التالي ليس لديه خيار سوى البدء في وضع الإلكترونات على العرض، والتصرف مثل المعادن الانتقالية الصحيحة. ولذلك، طلب بور من هيفيشي والفيزيائيِّ ديرك كوستر فحص عينات من الزركونيوم؛ العنصر فوق الرقم اثنين وسبعين على الجدول، وله تماثل كيميائيٌّ محتمل. وفي عمل ربما يكون الأقل جهدًا في تاريخ الجدول الدوريِّ، وجد هيفيشي وكوستر العنصر اثنين وسبعين من المحاولة الأولى، وأطلقا عليه اسم الهافنيوم، من الهافنية، وهو الاسم اللاتينيُّ لكوبنهاغن.

ميكانيكا الكم أقنعت العديد من الفيزيائيين في ذلك الوقت، لكنها صعقت الكيميائيين باعتبارها قبيحة وغير منطقية؛ فهي لم تكن مملة بقدر ما كانت براغماتية: فهذه الطريقة المسلية لعدِّ الإلكترونات يبدو أنَّ لها علاقة

بالكيمياء الحقيقية. ومع ذلك، تنبؤات بور حول الهافنيوم دون أنْ يضع قدمه في المختبر دفعت الكيميائيين إلى عدم التصديق بسهولة. من قبيل الصدفة، كان اكتشاف هيفيشي وكوستر قبل قبول بور جائزة نوبل في الفيزياء 1922. أبلغوه ببرقية في ستوكهولم، وأعلن بور اكتشافه في خطابه. هذا جعل ميكانيكا الكم تبدو وكأنها علمٌ تطوريٌّ؛ لأنها سبرتْ أغوار التركيب الذريِّ أكثر مما قامت به الكيمياء. وبدأت حملة الإشاعات كما حدث مع مندليف من قبله فقد وصموه زملاءه سريعًا - وكان بالفعل يميل إلى التصوف العلميِّ - بصاحب القدرات النبوئية.

هذه هي الأسطورة على أيِّ حال، ولكن الحقيقة مختلفة قليلاً. كتب ثلاثة علماء على الأقل قبل بور، بمن في ذلك كيميائيٌّ أثَّر مباشرة في بور، حسب أوراق تعود إلى 1895؛ والتي أثبتت الرابطة بين العنصر اثنين وسبعين والمعادن

الانتقالية مثل الزركونيوم. لم يكن هؤلاء الرجال عباقرة سابقين لعصرهم، ولكنهم كانوا كيميائيين عاديين مع القليل من المعرفة أو الاهتمام بفيزياء الكم. يبدو أنَّ بور اصطاد حججهم عندما وضع الهافنيوم - وربما استخدم حساباته في الكم - ليبرر منطقيًّا الحجة الكيميائية الأقل رومانسية، ولكنها عملية في الوقت نفسه، في موقعها على الجدول الدوريِّ[116].

حتى الآن، كما هو الحال مع معظم الأساطير، ما هو مهمٌ ليس الحقيقة ولكن الآثار؛ أيْ ردة فعل الناس على القصة. وكما كانت الأسطورة مثيرة للضجة، اعتقد الناس بشدة أنَّ بور قد وجد الهافنيوم من خلال ميكانيكا الكم وحدها. الفيزياء تعمل دائمًا على اختصار الآليات الطبيعية إلى أجزاء أصغر، وبالنسبة للعديد من العلماء، إنّ بور قد

اختصر الكيمياء القديمة الغابرة إلى متخصصة، وفجأة إلى فرع جذاب من الفيزياء. قفز فلاسفة العلم أيضًا على القصة ليعلنوا أنَّ كيمياء المندليفيين ماتت، وفيزياء البوريين حكمت العالم. ما بدأ باعتباره حجة علمية أصبح محل خلاف سياسيٍّ حول الأرض، عبر حدود البلدان. هذا هو العلم، هذه هي الحياة.

احتفت الأسطورة أيضًا - وسط الضجة التي أثيرت - بجورج هيفيشي. كان الزملاء قد رشحوا هيفيشي بالفعل لنيل جائزة نوبل سنة 1924 لاكتشاف الهافنيوم، ولكن كان هناك خلاف حول مَن هو صاحب الأولوية في الجائزة؛ هو أم الكيميائيِّ الفرنسي والرسام الهاوي جورج أوربان - الذي حاول مرة واحدة، وفشل في إحراج هنري موزلي بعينة جمعها من العناصر الأرضية النادرة - لاكتشافه اللوتيتيوم في عام 1907؟ في وقت لاحق، ادعى أنه وجد الهافنيوم -

نكهة الهافنيوم من العناصر الأرضية النادرة - مختلطة مع عيناته. معظم العلماء لم يجدوا عمل أوربان مقنعًا، وللأسف كانت أوروبا لا تزال منقسمة على أثر الخلاف الناشب عام 1924، لذا أخذ النزاع حول الأولوية طابع النزعات القومية. (الفرنسيون يعتبرون بور وهيفيشي من الألمان، على الرغم من أنَّ الأول كان دنماركيًّا، والثاني مجريًّا. إحدى الدوريات الفرنسية كتبت أن شيء «ينتن من الهون»[117] وكأن أتيلا[118] نفسه قد اكتشف هذا العنصر). لم يثق الكيميائيون بهيفيشي لازدواج «الجنسية» في الكيمياء والفيزياء، وهذه أدتْ بالإضافة إلى المشاحنات السياسية، إلى إحجام لجنة نوبل عن منحه الجائزة؛ فحُجبت الجائزة في العام 1924!

بحزن ولكن بعزيمة قوية، غادر هيفيشي كوبنهاغن إلى ألمانيا، واستمرت تجاربه المهمة على المقتفيات الكيميائية.

وعمل حتى في وقت فراغه، حتى إنه ساعد في تحديد مدى سرعة الجسم البشريِّ بتدوير جزيء الماء المتوسط (تسعة أيام) عن طريق التطوع لشرب «الماء الثقيل»[119] الذي تكون تحمل ذرات الهيدروجين فيه نيوترون إضافي، ووزن بوله كل يوم (كما حدث مع لحوم صاحبة النزل، فلم يكن يلتزم كثيرًا ببروتوكول الأبحاث الرسمية). وفي الوقت نفسه، تم ترشيح كيميائيين مثل إيرين جوليو كوري بشكل متكرر وبلا جدوى لجائزة نوبل. لكن الترشيحات كانت تضيع سُدى كل عام، سرى اليأس في نفس هيفيشي إلى حد ما. ولكن، خلافًا لجيلبرت لويس، أدى الظلم الواضح لهيفيشي إلى تعاطف الآخرين معه، وعدم حصوله على الجائزة عزز - بغرابة - مكانته في المجتمع الدوليِّ.

بالإضافة إلى ذلك، وبسبب أصوله اليهودية، واجه هيفيشي سريعًا مشكلات مريعة أكثر من عدم الحصول على جائزة نوبل؛ فقد غادر ألمانيا النازية في الثلاثينيات إلى كوبنهاغن مرة أخرى، وبقي هناك حتى أغسطس عام 1940. وعندما اقتحمتْ قوات العاصفة النازية البوابة الأماميَّة لمعهد بور، في تلك اللحظات، أبدى هيفيشي شجاعة كبيرة. كان اثنان من الألمان - أحدهما يهوديٌّ، والآخر من المتعاطفين مع اليهود، ومدافع عنهم - قد أرسلا ميداليات جائزة نوبل الذهبية لبور في الثلاثينيات ليحفظها لديه، خوفًا من استيلاء النازيين عليها، وسلبها منهما في ألمانيا. وكان هتلر قد أعلن أنَّ تهريب الذهب جريمة قومية. وبالتالي، إنَّ اكتشاف الميداليات في الدنمارك قد يؤدي إلى الإعدام لأسباب متعددة. اقترح هيفيشي أنْ يدفن الميداليات، ولكن بور قال إنه يمكن اكتشاف مكانها. لذا، وكما أشار

هيفيشي في وقت لاحق: «بينما كانت القوات الغازية تسير في شوارع كوبنهاغن، كنتُ مشغولاً بحل ميداليات ماكس فون لاوه [120]، وكذلك ميداليات جيمس فرانك» [121]. للقيام بذلك، قال إنه استخدم مزيج الماء الملكي aqua regiaº وهو مادة كاوية من حمض النيتريك والهيدروكلوريك الذي فتن الكيميائيون به، لأنه يحل «المعادن الملكية» مثل الذهب (ولكن ليس بسهولة، كما يتذكر هيفيشي). عندما نهب النازيون معهد بور، جابوا المبنى للنهب أو البحث عن أدلة على ارتكاب مخالفات لكنهم تركوا كاساً بلون برتقاليٍّ من الماء الملكي دون مساس. واضطر هيفيشي إلى الفرار إلى ستوكهولم في عام 1943، ولكن عندما عاد إلى المختبر بعد يوم النصر في أوروبا، وجد الكأس على الرف كما هو. قام بترسيب الذهب، وبعد ذلك قامت الأكاديمية السويدية بإعادة صب الميداليات لفرانك ولاوه. الشيء الوحيد

الذي كان يحزّ في نفس هيفيشي أثناء تلك المحنة، هو اضطراره للغياب عن المعمل أثناء فراره من كوبنهاغن.

وسط كل تلك المغامرات، واصل هيفيشي التعاون مع زملائه، بمن في ذلك جوليو كوري. في الواقع، كان هيفيشي شاهدًا عن غير قصد على خطأ هائل وقعتْ فيه جوليو كوري، الخطأ الذي منعها من التوصل إلى واحد من الاكتشافات العلمية الكبرى في القرن العشرين. طار هذا الشرف لامرأة أخرى، وهي يهودية نمساوية، فرت من الاضطهاد النازي مثل هيفيشي. للأسف، تعاملت ليز مايتنر مع السياسة، كما تتعامل مع الأمور الدنيوية والعلمية، وانتهت نهاية أسوأ من هيفيشي.

بدأت ليز مايتنر مع متعاون أصغر منها قليلاً، أوتو هان، العمل في ألمانيا قبل اكتشاف العنصر واحد وتسعين. وكان مكتشفه الكيميائيَّ البولنديَّ كازيميرز فاجنز الذي كشف فقط عن ذرات عنصر ذي عمر قصير في عام 1913، حتى إنه أطلق عليها اسم بريفيم «brevium»، ثم أثبتتْ ليز وهان في عام 1917 أنَّ معظم ذراته تعيش في الواقع مئات الآلاف من السنين؛ الأمر الذي جعل اسم بريفيم «brevium» يبدو غبيًّا إلى حد ما. وأعادا تسميته بالبروتكتينيوم، أو «والد الأكتينيوم» العنصر الذي تهاوى (في نهاية المطاف).

لا شك أنَّ فاجنز احتج على رفض البريفيم «brevium». على الرغم من أن فاجنز كان محل إعجاب المجتمع الراقي نظرًا لأعماله، فالمعاصرون له يقول إنَّ لهذا البولنديِّ نزعة شرسة، وإنه غير لبق في المسائل المهنية.

في الواقع، هناك رواية تقول إنَّ لجنة نوبل قد صوتت لفاجنز لنيل جائزة نوبل للكيمياء الشاغرة لعام 1924 (الجائزة التي يُفترض أنَّها كانت لهيفيشي) للعمل على النشاط الإشعاعيِّ، ولكنها ألغتْ ذلك التصويت عقابًا له على غطرسته؛ عندما ظهرت صورة فاجنز في مقال بعنوان: «فاجنز يفوز بجائزة نوبل» في صحيفة سويدية قبل الإعلان الرسميِّ عنها. اعتاد فاجنز دائمًا على القول إنّ عضو اللجنة المؤثر وغير المتعاطف معه قد منعها عنه لأسباب شخصية[122]. (رسميًّا، أعلنتْ الأكاديمية السويدية أنها حجبتْ تلك الجائزة تلك السنة، وأبقتْ على المال لدعم وقفها، والذي يؤثر على الضرائب السويدية العالية، لكن هذا العذر صدر بعد موجة من الغضب العام. في البداية أعلنت أنه لن تكون هناك جوائز في فئات متعددة، وألقى باللوم على «عدم وجود مرشحين مؤهلين». قد لانعرف أبدًا القصة

الحقيقية، حيث ذيلتْ الأكاديمية قرارها بعبارة: «تعتبر هذه المعلومات سرية في جميع الأوقات»).

بغض النظر، خسر البريفيم «brevium» «وثبت البروتكتينيوم»[123]. تلقت ليز وهان الفضل اكتشاف العنصر المشترك واحد وتسعين اليوم. ومع ذلك، هناك قصة أخرى أكثر إثارة للاهتمام تظهر العمل الذي أدى إلى الاسم الجديد. الورقة العلمية التي أعلنتْ عن البروتكتينيوم ذي العمر الطويل أظهرتْ أولى علامات إخلاص ليز غير العادي لهان. ليز التي لم يسبق لها الزواج، ولا توجد أدلة على أنه كان لديها حبيب كانت مغرمة بهان مهنيًّا على الأقل. قد لا يكون للعاطفة شأن بهذا، ولكنه شعور بالامتنان حيال هان الذي اعترف بقيمتها واختار العمل إلى جانبها في ورشة النجارة المجهزة عندما رفض المسؤولون الألمان إعطاء ليز - المرأة - مختبرًا حقيقيًّا. وفي الورشة، وبتفاهم

كامل، كان هان يقوم بالكيمياء وتحديد العينات المشعة الموجودة في العناصر، وهي تقوم بعمل الفيزياء ومعرفة كيف حصل هان على نتائجه. على نحو غير عادي، وعلى الرغم من قيام ليز بكل العمل النهائيِّ، وقيامها وحدها بنشر تجارب البروتكتينيوم - حيث كان هان مشغولاً بحرب الغاز في ألمانيا خلال الحرب العالمية الأولى - حرصتْ ليز على التأكد من أن هان قد اقتسم معها الفضل. (تذكر هذا الجميل).

بعد الحرب، استأنفا تعاونهما. ولكن، في حين كانت العقود التي فصلتْ بين الحربين الكُبريين مثيرة علميًّا في ألمانيا، إلاّ أنها خلفت وراءها اضطرابًا سياسيًّا. هان بفكه القويِّ، والشارب، وبنيته الألمانية القوية ليس لديه ما يخشاه من النازيين في عام 1932. والأمور حتى الآن تسير في صالحه. عندما أخرج هتلر جميع العلماء اليهود من البلاد

في عام 1933 - مما تسبب في أول موجة كبيرة من العلماء اللاجئين - استقال هان من عمله كأستاذ محتجًّا (رغم أنه واصل حضور الحلقات الدراسية). أما ليز، فعلى الرغم من أنها بروتستانتية نمساوية خالصة، فقد كان أجدادها يهودًا. ولتميزها، وربما لأنها حصلت أخيرًا على مختبر أبحاث حقيقيٍّ، حاولتْ تفادي الخطر، ودفنتْ نفسها في الاكتشافات الجديدة المتألقة في الفيزياء النووية.

أكبر تلك الاكتشافات جاء في عام 1934، عندما أعلن إنريكو فيرمي عن قذف ذرات اليورانيوم مع الجسيمات الذرية، وتكوين أول عناصر ما بعد اليورانيوم. لم يكن هذا صحيحًا، ولكن الناس ذهلوا من فكرة أنَّ الجدول الدوريَّ لم يعد مقتصرًا على اثنتين وتسعين مادة. العرض المثير عن الأفكار الجديدة حول الفيزياء النووية أبقى العلماء مشغولين في جميع أنحاء العالم.

في ذلك العام نفسه، زعيمة أخرى في هذا المجال، إيرين جوليو كوري، قامت بعملية قذف الذرات. وبعد تحليل كيميائيٍّ دقيق أعلنتْ أنَّ عناصر ما بعد اليورانيوم الجديدة تظهر تشابهًا كبيرًا في اللانثانوم؛ أول العناصر الأرضية النادرة. هذا أيضًا كان غير متوقع، إلى درجة أنَّ هان نفسه لم يصدق ذلك. العناصر الأكبر من اليورانيوم ببساطة لا يمكنها أنْ تتصرف تمامًا مثل عنصر معدنيٍّ صغير بالقرب من اليورانيوم في الجدول الدوريِّ. وقال بأدب لفريدريك جوليو كوري إنَّ الحديث عن ارتباط اللانثانوم كان هراءً، وتعهَّد بإعادة تجارب إيرين لإثبات أنَّ عناصر ما بعد اليورانيوم لم تكن شيئًا مثل اللانثانوم.

أيضًا في عام 1938، انهار عالم ليز. فقد ضم هتلر النمسا بجرأة، واحتضن جميع النمساويين تحت شعار تميز

الجنس الآري؛ باستثناء أيِّ شخص يهوديٍّ. بعد سنوات من غياب الإرادة، كانت ليز فجأة عرضة لبرامج النازية. وعندما حاول كيميائيٌّ زميل مساعدتها، لم يكن لديها خيار غير الفرار وهي لا تحمل سوى حقيبة ملابسها وعشرة ماركات ألمانية. وجدت ملجأ في السويد وقبلت بوظيفة - ويا للسخرية - في واحد من المعاهد العلمية لنوبل.

وعلى الرغم من المصاعب، ظل هان وفيًّا لليز، واستمر تعاون الاثنين سرًّا، وكانت مراسلاتهما تشبه رسائل العشاق السرية، وكانا يتوعدان أحيانًا في كوبنهاغن. خلال أحد هذه اللقاءات في أواخر عام 1938، بدا على هان الاضطراب، فبعد تكرار تجارب إيرين جوليو كوري، وجد أنَّ عناصرها لا تتصرف مثل اللانثانوم (وكذلك عنصر آخر في مكان قريب عثرت عليه، هو الباريوم)، ولكن، وفقًا لاختبار كل مادة كيميائية معروفة، كانا اللانثانوم والباريوم. هان اعتُبر وقتها

أفضل كيميائيٍّ في العالم، ولكن ما توصل إليه ناقض (أو يناقض) جميع التجارب السابقة». كما اعترف في وقت لاحق بحيرته المتواضعة تجاه ليز.

لم تكن ليز في حيرة. من بين جميع العقول العظيمة التي عملت على عناصر ما بعد اليورانيوم، فقط ليز ذات العينين القويتين عرفتْ أنها لم تكن عناصر ما بعد اليورانيوم على الإطلاق. هي وحدها (بعد مناقشات مع ابن أخيها وشريكها الجديد، عالم الفيزياء أوتو فريش) أدركتْ أنَّ فيرمي لم يكتشف عناصر جديدة، ولكنه اكتشف الانشطار النوويَّ! لقد فصل اليورانيوم إلى عناصر أصغر وأساء تفسير نتائجها. إنَّ عنصر ما بعد اللانثانوم الذي وجدته جوليو كوري كان اللانثانوم العادي، السقط من أول تفجيرات نووية صغيرة! هيفيشي الذي اطلع على المسودات الأولى لأوراق جوليو كوري من ذلك الوقت، يتذكر لاحقًا كم كانت قريبة

من ذلك الاكتشاف الذي لا يُتصور! قال هيفيشي: «لكن جوليو كوري، لم تثق بنفسها بما فيه الكفاية» للاعتقاد بأنَّ تفسيرها صحيح. أما مايتنر فكانت تثق بنفسها، وأقنعت هان أنَّ الجميع كانوا على خطأ.

وبطبيعة الحال، أراد هان نشر هذه النتائج المذهلة، لكن تعاونه والتزامه مع ليز جعل القيام بذلك صعبًا سياسيًّا. ناقشا الخيارات، ومن باب التقدير وافقتْ على وضع اسم هان ومساعده على الورقة الأولى. مساهمات ليز وفريش النظرية - التي كانت منطقية في كل شيء - ظهرت في وقت لاحق في مجلة منفصلة. مع تلك المنشورات، وُلد الانشطار النوويُّ في الوقت المناسب لغزو ألمانيا لبولندا، وبداية الحرب العالمية الثانية.

هكذا، بدأ تسلسُل الأحداث التي بلغتْ ذروتها في أفظع غلطة غير مقصودة في تاريخ جائزة نوبل. حتى من دون

معرفة مشروع مانهاتن، قررتْ لجنة نوبل بحلول عام 1943 مكافأة الانشطار النوويِّ بجائزة. كان السؤال: من الذي يستحق ذلك؟ إنه هان، بوضوح. ولكن الحرب قد عزلت السويد وجعلت من المستحيل إطلاع العلماء على مساهمات ليز، الجزء الذي لا يتجزأ من قرار اللجنة. ولذلك اعتمدت اللجنة على المجلات العلمية التي كانت تصل متأخرة لعدة أشهر أو لا تصل على الإطلاق أحيانًا. الكثير من المجلات الألمانية - وخاصة المرموقة منها - جحدت فضل ليز. الانقسامات الناشئة بين الكيمياء والفيزياء أيضًا جعلتْ من الصعب مكافأة العمل المتعدد التخصصات.

بعد تعليق الجوائز في عام 1940، بدأت الأكاديمية السويدية منح البعض بأثر رجعيٍّ في عام 1944. أول من وصل - بعد طول انتظار - هو هيفيشي الذي فاز بالجائزة المحجوبة في الكيمياء لعام 1943، على الرغم من كونها

بادرة سياسية إلى حد ما لتكريم جميع العلماء اللاجئين. في عام 1945، تناولت اللجنة مسألة شائكة أكثر من الانشطار. كان لليز وهان داعمون أقوياء في لجنة نوبل، ولكن داعم هان كان وقحًا عندما أشار إلى أنَّ ليز لم تقم بأيٍّ عمل «ذي أهمية كبيرة» في السنوات القليلة الماضية عندما كانت مختبئة من هتلر. (لماذا لم تقابل اللجنة ليز مباشرة؛ رغم أنها كانت تعمل في معهد نوبل في مكان قريب؟ ليس السبب واضحًا، على الرغم من أنَّه من غير اللائق مقابلة الأشخاص وسؤالهم حول ما إذا كانوا يستحقون الجائزة). جادل داعم ليز في أحقيتها في جائزة مشتركة، وربما ظهرتْ في تسمية عنصر باسمها لاحقًا. ولكن، عندما توفي فجأة، حشد أعضاء اللجنة أصدقاء المحور، وفاز هان بالجائزة 1944 وحده.

بصورة مخجلة، عندما ألقى هان كلمة الفوز (كان الحلفاء قد وضعوه في الحجز العسكريِّ للاشتباه في عمله على القنبلة الذرية الألمانية، وبُرِّئَ في وقت لاحق)، لم يتحدث حتى عن ليز! ونتيجة لذلك، فإنَّ المرأة التي كان يحترمها لدرجة أنه تحدى رؤساءه وعمل معها في ورشة النجارة، لم تحصل على أيٍّ شيء؛ التصرف الذي وصفه عدد من المؤرخين بأنه: «تحيز صارم، وبلادة سياسية، وجهل، وتسرُّع»[124].

بطبيعة الحال، كان يمكن للجنة أنْ تصحح هذا الوضع في عام 1946 أو في وقت لاحق، بعد أنْ أثبت السجل التاريخيُّ إسهامات ليز بشكل واضح. حتى إن المهندسين المعماريين لمشروع مانهاتن اعترفوا بمقدار ما يدينون لها. ولكن لجنة نوبل - المشهورة بوصف مجلة التايم لها «الخادمة المسنة العنيدة» - لا تعترف أبدًا بالأخطاء. على

الرغم من ترشيحهم لها باستمرار طوال حياتها - من ضمن أسماء أخرى، مثل كازيميرز فاجنز [125]؛ الذي جرَّب ألم خسارة نوبل أكثر من أيِّ شخص آخر - توفيتْ ليز في عام 1968 دون جائزتها.

لحسن الحظ، مع ذلك، «فإن للتاريخ دائماً كشف حساب». العنصر ما بعد اليورانيوم 105 سُمي بالأصل (الهانيوم) تيمنًا باسم أوتو هان، من قبل غلين سيبورغ، وألبرت غيورسو، وغيرهما في عام 1970. ولكن، خلال النزاع بشأن حقوق التسمية، جرد الاتحاد الدولي - كما لو كان الهانيوم بولندا - العنصر من هذا الاسم في عام 1997، وأسموه الدوبنيوم. بسبب القواعد الغريبة لتسمية العناصر [126] في الأساس، كل اسم يحصل على فرصة واحدة فقط، إذًا لن يطلق الهانيوم على أيِّ اسم عنصر جديد في المستقبل أيضًا. جائزة نوبل هي كل ما حصل عليه

هان. الاتحاد الدولي سرعان ما توج ليز مايتنر بشرف أكثر بكثير من الجائزة الحصرية التي تُعطى سنويًّا؛ فأطلق على العنصر 109 الآن - وإلى الأبد - اسم المايتنريوم.

الفصل الثالث عشر:

عناصر كالمال

13 Al 26.982	63 Eu 151.964	52 Te 127.603	79 Au 196.967	30 Zn 65.384

إذا كان الجدول الدوريٌّ لديه تاريخٌ مع السياسة؛ فإنَّ علاقة أطول وأكثر دفئًا تربطه بالمال. الكثير من القصص عن العناصر المعدنية لا يمكن أنْ تُحكى دون التطرُّق إلى تاريخ المال؛ وهو ما يعني أنَّ تاريخ العناصر مرتبط أيضًا بتاريخ التزوير. فعلى مدى قرون طويلة، استخدم الناس الماشية، والتوابل، وأسنان خنزير البحر، والملح، وحبوب الكاكاو، والسجائر، وسيقان الخنفساء، والزنبق، كعملات. وبالطبع، لا يمكن لأيٍّ منها أنْ تكون مزورة بشكل مقنع، أما

المعادن فهي القابلة للتزوير. المعادن الانتقالية لديها خواص كيميائية وكثافة مماثلة لأنَّ هياكل الإلكترونات لديها متماثلة؛ فيمكن أن تُمزَج معًا، ويحل بعضها مكان بعض في السبائك. وكم من تركيبات مختلفة من المعادن الثمينة، وأقل من الثمينة، تم خداع الناس بها لآلاف السنين!

في حوالى عام 700 قبل الميلاد، ورث أميرٌ يُدعى ميداس مملكة فريجيا؛ وهي تركيا الآن. ووفقًا للأساطير المختلفة (التي قد تخلط بين اثنين من الحكام اسمهما ميداس)، فقد عاش الأمير حياة حافلة بالأحداث. طلب أبولو الغيور - إله الموسيقى - من ميداس الحكم في مواجهة حاسمة بينه وبين عازف قيثارة كبير من ذلك الزمن. وعندما قضى ميداس لعازف القيثارة ضد أبولو، مسخ أبولو أذنيْ ميداس على هيئة أذنيْ حمار! (فلم يكن يستحق أنْ تكون له أذنا إنسان عندما حكم على الموسيقى هذا الحكم السيئ

للغاية). كما ورد أنَّ ميداس امتلك أفضل حديقة للورود في العالم القديم وأجملها. علميًّا، اعتاد الناس على إرجاع الفضل لميداس في اكتشاف القصدير (وهذا ليس صحيحًا، على الرغم من أنه كان يُستخرج في مملكته)، ويعزى إليه كذلك اكتشاف المعادن: «الرصاص الأسود» (الجرافيت) æ»الرصاص الأبيض» (الرصاص الأبيض الملون الجميل، المشرق، السام). بطبيعة الحال، لا أحد يتذكر ميداس اليوم إلاّ في حادثة معدنية أخرى؛ هي ما يسمى باللمسة الذهبية. حصل ذلك بعد ميله إلى سالينس الشبق المخمور Silenus، الذي مرَّ في حديقة الورود في إحدى الليالي. سالينس قدَّر ضيافة الأمير وقدَّم له هدية؛ حيث طلب ميداس منه أنْ يجعله قادرًا على تحويل كل ما يلمسه إلى ذهب، فكان له ما أراد، ولكن الفرحة لم تستمر طويلاً، فسرعان ما كلفته هذه المقدرة حياة ابنته عندما عانقها

فتحولتْ إلى تمثال من الذهب، وكادتْ تكلفه حياته أيضًا عندما تحول الطعام بين شفتيه إلى الذهب.

من الواضح أنّ لا شيء من ذلك قد حدث بالفعل للملك الحقيقيِّ. ولكن هناك أدلة على أنَّ ميداس حصل على مكانته الأسطورية لسبب وجيه يعود إلى العصر البرونزيِّ، بدأت الحكاية في أرض بجوار أراضي ميداس في حوالى عام 3000 قبل الميلاد. كان صب البرونز - وهو سبيكة من القصدير والنحاس - مجالاً تقنيًّا متطورًا في ذلك الوقت. وعلى الرغم من أنَّ هذا المعدن ظل مكلفًا، كانت تلك التقنية قد اخترقتْ معظم الممالك بحلول الوقت في عهد ميداس. الهيكل العظميُّ للملك يُعرف شعبيًّا باسم ميداس (ولكن ثبت في ما بعد أنه لوالده؛ غوردياس) وُجد في مقبرة في فريجيا تحيط بها قُدور من البرونز وأوعية برونزية منقوشة، وعثر على هيكل عظميٍّ عارٍ كان يرتدي فقط حزامًا برونزيًّا.

ولكن في الوصف بكلمة «برونزي»، نحتاج إلى أنْ نكون أكثر تحديدًا. إنه ليس مثل المياه، حيث تجتمع ذرتان من الهيدروجين دائمًا مع ذرة أكسجين. فكلمة (برونزي) تطلق على كل السبائك المصنوعة بنسب مختلفة من المعادن، والمعادن البرونزية في جميع أنحاء العالم القديم اختلفت في اللون؛ اعتمادًا على النسب المئوية من القصدير والنحاس، وغيرهما من العناصر التي تم استخراج المعادن منها.

إحدى الميزات الفريدة في الرواسب المعدنية الموجودة بالقرب من فريجيا هي وفرة خامات الزنك. الزنك والقصدير خامان ممزوجان عادة في الطبيعة، ويمكن بسهولة الخلط بين رواسب كل منهما. المثير للاهتمام هو أنَّ الزنك المختلط مع النحاس لا يشكل البرونز، بل يشكل النحاس الأصفر. أقدم مسابك النحاس الأصفر المعروفة في جميع

الأماكن، موجود في جزء من آسيا الصغرى كان يحكمه ميداس.

هل هو واضح لديك الآن؟ اذهب واعثر على شيء برونزيٍّ ونحاسيٍّ مصفرّ، واختبرهما. البرونز لامع ولكن مع لمسات من النحاس. ولكنك لن تخلط بينه وبين أي شيء آخر. تألق النحاس الأصفر أكثر إغراء، وأكثر دقة. إنه ذهبيٌّ بدرجة ما. ربما السبب في لمسة ميداس، أو ربما كان شيئًا أكثر من لمسة عرضية للزنك في التربة في زاوية آسيا الصغرى.

لاختبار هذه النظرية في عام 2007، شيَّد أستاذ في علم المعادن في جامعة أنقرة بتركيا، بالتعاون مع مجموعة من علماء الآثار، فرنًا بدائيًّا مثل الذي كان موجودًا في عهد ميداس، ووضعوا فيه خامات محلية، وأذابوها، وسكبوا السائل الناتج في قوالب، وتركوها تبرد. بامتزاج رائع،

تصلبت السبائك الذهبية بشكل غريب. وبطبيعة الحال، من المستحيل معرفة ما إذا كان المعاصرون للملك ميداس يعتقدون أنَّ الأوعية الثمينة المحملة بالزنك والتماثيل والأحزمة كانت فعلاً ذهبًا. لكنها ليست بالضرورة تلك التي تقول عنها الأساطير. أو ربما أغرم النازحون اليونانيون الذين استعمروا تلك المنطقة من آسيا الصغرى في وقت لاحق «ببرونزية» فريجيا، الأكثر إشراقًا ولمعانًا مما لديهم، لذلك انتشرت الحكايات التي أرسلوها إلى وطنهم وتضخمتْ كثيرًا على مدى القرون المتتالية، حتى تحول النحاس الأصفر الذهبيّ إلى ذهب حقيقيٍّ، وقوة البطل المحليّ الدنيويّ تحولت إلى قوة خارقة للطبيعة لخلق المعادن الثمينة بلمسة واحدة. بعد ذلك، لم يكن الأمر محتاجًا إلاّ لعبقرية أوفيد[127] للمس قصة «التحولات»، أسطورة الأصل الممتزج بالخيال.

حتى في أعمق النماذج بدائية في الثقافة الإنسانية، وحتى قبل ميداس، ذُكِرتْ مدينة الذهب المفقود، حيث يعثر المسافرون إلى الأراضي الغريبة البعيدة على ثروة لا يمكن تصورها، هي إل دورادو [128]. في أوقات أكثر واقعية حديثة (قليلاً)، هذا الحلم كثيرًا ما يأخذ شكل حمى الذهب. أيُّ شخص أبدى ذرَّة من الاهتمام بفصل التاريخ يعلم أنَّ حُمى الذهب الحقيقية كانت مستعرة ومرتبطة بالسلوك المشين، والأخطار الجسيمة، والدببة والقمل، وانهيار المناجم، والكثير من الزنى المثير للشفقة، والقمار. كان من الجائز أنْ يصبح الشخص في نهاية المطاف غنيًّا من لا شيء تقريبًا. من منا لم يحلم يومًا بالهروب من الحياة الروتينية الرتيبة، والإسراع للتنقيب عن بضع شذرات نقية؟! إنَّ حسَّ المغامرة الرائعة، والرغبة في الثراء راسخان في الطبيعة البشرية. على هذا

النحو، إنَّ تاريخ حُمى الذهب طويل، وقصصه لا تُعد ولا تُحصى.

دأبت الطبيعة على الاعتزاز بكنوزها وعدم تقديمها بسهولة؛ لذا اخترعتْ بيريت الحديد (ثاني كبريتيد الحديد) لإعاقة المنقبين الهواة الباحثين عن الذهب، بل إنَّ بيريت الحديد يضيء ببريق ذهبيٍّ أكثر من الذهب الحقيقيِّ، مثل الذهب في الرسوم المتحركة أو الذهب في الخيال. وهناك عدد كبير من قليلي الخبرة الذين أعماهم الجشع فغرقوا في كذبة حمى الذهب. تاريخيًّا، حدثتْ أكثر محاولات البحث عن الذهب فشلاً في عام 1896، على الأراضي الوعرة في المناطق النائية الأسترالية. بيريت الحديد - أو الذهب المزيف - جعل من أستراليا بؤرة الاندفاع لحمى الذهب. انتهى المطاف بالمنقبين اليائسين وهم يدكّون مداخنهم الخاصة بالمعاول ويبحثون بين الأنقاض، ربما كان ذلك هو

التدافع الأول في التاريخ الذي سببته «كذبة الذهب الحمقاء».

ثلاثة أيرلنديين، بمن في ذلك باتريك هنان، عبروا المناطق النائية في عام 1893 عندما فقد أحد خيولهم حدوته على بعد عشرين ميلاً من مكان إقامتهم. ربما كان ذلك هو التعثر الأكثر حظًّا في التاريخ. في غضون أيام، ودون الحاجة إلى حفر شبر واحد في التراب، كانوا قد جمعوا 8 باوندات من شذرات الذهب فقط وهم يتجولون. كانوا جادين في البحث، لكن طلبهم كان غامضًا. قدم الثلاثي طلبًا للمسؤولين بالإقليم، لوضع الموقع على الخارطة للعامة. في غضون أسبوع، اقتحم مئات المنقبين منطقة اكتشاف هنان عندما أصبحت المنطقة معروفة؛ ليجربوا حظهم.

بطريقة ما، كانت الغنائم سهلة خلال الأشهر الأولى في الصحراء، وكان الذهب أكثر وفرة من المياه. ولكن، في حين يبدو الأمر عظيمًا، فإنه لم يكن كذلك في الواقع؛ فأنت لا يمكنك شرب الذهب، وعندما وفد المزيد والمزيد من عمال المناجم، ارتفعتْ أسعار المستلزمات، وزاد التنافس على مواقع التعدين بشراسة. بدأ الناس الحفر بحثًا عن الذهب، ورأى بعض الأشخاص أنَّ المال صار كافيًا لبناء بلدة حقيقية. وانتشرت مصانع الجعة وبيوت الدعارة أيضًا في منطقة اكتشاف هنان، وكذلك تم بناء المنازل وتعبيد الطرق. وللحصول على الطوب والإسمنت ومدقات الهاون، جمع البناة الصخور الزائدة من عمليات التنقيب التي تركها عمال المناجم جانبًا، وهم مستمرون في الحفر، لم يكن هناك شيء أفضل لتفعله مع الأنقاض.

لقد افترضوا أنَّ الذهب معدن منعزل، ولن تجده مختلطًا داخل المعادن والخامات لأنه لا يرتبط مع عناصر أخرى. وفي الرقائق والشذرات عادة ما يكون نقيًّا، إلى جانب عدد قليل من السبائك. العنصر الوحيد الذي من شأنه أن يرتبط بالذهب هو التيلوريوم، وهو عنصر ذو سلوك ابتزازيٍّ عُزل للمرة الأولى في ترانسيلفانيا في عام 1782. التيلوريوم يندمج مع الذهب ليشكل بعض المعادن المتوهجة، مثل: كنارايت krennerite، وبتزيت petzite، وسلفانيت sylvanite، وكليفورايت calaverite، ذات الصيغ الكيميائية الصعبة. بدلاً من النسب اللطيف مثل H O2 2COæ، فإنَّ الكنارايت هو Te 2 (uA0. 8¡ gA0. 2 .2). مركبات التلوريد هذه تختلف في اللون، أيضًا؛ واحد منها، وهو كليفورايت، يضيء بلون من درجات الأصفر.

في الواقع، إنه يضيء أكثر مثل النحاس الأصفر أو بيريت الحديد من الذهب الملون العميق، لكنه قريب بما فيه الكفاية لخداعك إذا كنت قد خرجتَ في الشمس طوال اليوم. يمكنك أنْ تتخيل فتى رثَّ الثياب في الثمانية عشر من عمره يجر كيسًا من شذرات الكليفورايت إلى المُثمّن في منطقة اكتشاف هنان؛ فقط لسماع المثمن يرفض الكيس الذي يصنفه متخصصو المعادن بالقول: «بالكيس القذر». نتذكر أيضًا أنَّ بعض مركبات التيلوريوم (ليس منها كليفورايت، ولكن مركبات أخرى) لها رائحة نفاذة، أسوأ من رائحة الثوم بألف مرة، ويكون من الصعب التخلص منها إلا بوسيلة وحيدة هي دفنه في الطريق للتخلص من نتانته، والعودة إلى الحفر للبحث عن التيلوريوم الحقيقيِّ.

استمر الناس في المكوث والتزايد في منطقة اكتشاف هنان، ولم تقل قيمة الغذاء والماء. ولكن زاد التوتر بشأن

الإمدادات، وأصبح يُنذر بالخطر عندما اندلع الشغب غير مسيطر عليه. وعندما ساءت الأحداث، انتشرت الشائعات حول صخرة التيلوريوم المصفرة التي كانوا ينبشونها ويرمونها بعيدًا.

إنْ لم يكن عمال المناجم المتعبون يعرفون الكليفورايت، فقد عرف الجيولوجيون خصائصه منذ سنوات. من هذه الخصائص أنه يتحلل في درجات الحرارة المنخفضة؛ مما يجعل فصل الذهب منه سهلاً. وقد اكتشف الكليفورايت أول مرة في ولاية كولورادو في الستينيات من القرن التاسع عشر[129].

ظن المؤرخون أنَّ رجال المعسكر الذين أشعلوا النار في إحدى الليالي قد لاحظوا ذلك؛ فالصخور التي طوقوا بها حفرة النار كان ينز منها الذهب. وسرعان ما ظهرت قصص في هذا الشأن شقت طريقها إلى منطقة اكتشاف هنان.

ثار الجحيم يوم 29 مايو 1896. بعض الكليفورايت المستخدم في بناء منطقة اكتشاف هنان يحوي خمسمائة أوقية من الذهب لكنه محاطٌ بطن من الصخور، وأخرج عمال المناجم كل أوقية (أونصة) تمكنوا من العثور عليها. هاجم الناس أكوام الحثالة أولاً، يحفرون في ما بينها من أجل صخرة مهملة. عندما تم العثور عليها نظيفة، اتجهوا إلى المدينة نفسها وهم يحفرون شوارعها، برزت الحفر والأرض الوعرة من جديد بعد تكسير الأرصفة، وانتُزعت ممرات المشاة، ويمكنك الرهان على أنَّ العامل الذي بنى مدخنة وموقدًا لبيته الجديد من الطوب المغروس به ذهب تيلورايد، لم يتورع عن هدمه وتحويله إلى أنقاض!

في العقود التالية، المنطقة المحيطة بمنطقة اكتشاف هنان، أعيدت تسميتها باسم كالغورلي، وسرعان ما أصبحتْ أكبر منتج للذهب في العالم، «الميل الذهبيّ» كما يطلقون

عليها، وتفاخرت كالغورلي بأنَّ مهندسيها يفوقون بقية العالم عندما يتعلق الأمر باستخراج الذهب من الأرض. يبدو أنَّ الأجيال اللاحقة تعلمتْ من الدرس ألاّ تلقي بالصخور جانبًا طوعًا أو كرهًا، بعد حمى الآباء مع كذبة الذهب الحمقاء.

كان زنك ميداس وتيلوريوم كالغورلي حالتين نادرتين من الخداع غير المقصود. إنهما لحظتان بريئتان في التاريخ المالي محاطتان بدهر من التزوير المتعمد. بعد قرن من ميداس، ظهر في ليديا، في آسيا الصغرى أول مال حقيقيٍّ؛ نقود معدنية مصنوعة من سبائك الفضة والذهب الطبيعية تسمى الإلكتروم. بعد ذلك بوقت قصير، عرف حاكم قديم وغنيٌّ وأسطوريٌّ آخر، ويدعى الملك كرويسوس، كيف يفصل الإلكتروم ويحوله إلى نقود الذهب والفضة المعدنية، في العملية التي أسست نظام العملة الحقيقي. وفي غضون سنوات قليلة من عمل كرويسوس الفذ، في 540 قبل

الميلاد، بدأ الملك بوليكراتس، على جزيرة ساموس اليونانية، يرشو أعداءه في أسبرطة برواسب الرصاص المطلية بالذهب. منذ ذلك الحين، استخدم المزورون عناصر مثل الرصاص والنحاس والقصدير والحديد بطريقة الحانات الرخيصة نفسها التي تملأ براميل البيرة بالماء لزيادة أرباحها.

ويعتبر التزوير اليوم قضية احتيال مباشرة. ولكن بالنسبة لتلك الفترات من التاريخ، كانت عملة المملكة من المعادن الثمينة تعادل قوتها الاقتصادية؛ لذا كان الملوك يعتبرون التزوير جريمة خيانة كبرى. ومن يضبط متلبسًا بارتكاب تلك الخيانة فسيواجه عقوبة الشنق؛ إن لم يكن ما هو أسوأ! التزوير يجذب دائمًا الأشخاص الذين لا يفهمون تكاليف الفرصة البديلة؛ القانون الاقتصاديّ الأساسيّ الذي يمكِّنك من كسب المزيد من المال، ويتيح لك العمل في تجارة شريفة، بإنفاق مئات الساعات في صنع مال «حر». ومع

ذلك، فقد اتخذت بعض العقول اللامعة بعض التدابير لإحباط أولئك المجرمين، وجعل العملة مضمونة وصعبة على التزوير.

على سبيل المثال، بعد فترة طويلة من اكتشاف إسحاق نيوتن القوانين من حساب التفاضل والتكامل ونظريته الشهيرة عن الجاذبية، أصبح مديرًا لدار السك الملكية في إنجلترا في السنوات القليلة الأخيرة من القرن السابع عشر. كان نيوتن - وهو في أوائل الخمسينات من العمر - يريد الحصول على أيِّ منصب حكوميٍّ براتب جيد، ولكن يحسب له أنه لم يكن منصبًا بلا عمل. التزوير - خصوصًا «قصاصة» القطع النقدية من قبل قطع الحواف وصهر الخردة معًا لجعلها قطع نقدية جديدة - كان متوطنًا في أجزاء لندن الأكثر فقرًا.
نيوتن العظيم وجد نفسه في مواجهة مع الجواسيس، والوُضعاء، والسكارى، واللصوص؛ تلك المواجهة التي

استمتع بها كليًّا. نيوتن المسيحيُّ التقيُّ لاحق الظالمين نازعًا الغطاء عن غضب العهد القديم، ورافضًا توسلات الرأفة؛ حتى إنَّ واحدًا من سيئي السمعة وهو «مزيف نقود» مراوغ يدعى وليام شيلنير، شُنق ونُزعت أحشاؤه علنًا في دار سك العملات؛ لأنه حاول رشي نيوتن مرارًا ليسقط عنه اتهامات بالتزوير.

تزييف العملات المعدنية ساد أثناء منصب نيوتن؛ ولكن بعد فترة ليست طويلة بعد استقالته، واجه النظام الماليُّ العالميُّ تهديداتٍ جديدة بسبب العملة الورقية المزيفة. كان الإمبراطور المغوليُّ في الصين، قوبلاي خان، أول من استخدم النقود الورقية في القرن الثالث عشر. هذا الابتكار سرعان ما انتشر في آسيا في البداية - حيث هدد قوبلاي خان بإعدام كل من يرفض استخدامها - وانتشرت العملة الورقية بشكل متقطع في أوروبا. ومع ذلك، بحلول الوقت

الذي بدأ به بنك إنجلترا إصدار العملات الورقية في عام 1694، تجلتْ مزايا العملة الورقية بشكل واضح. كانت خامات صنع العملات المعدنية مكلفة، وكانت العملات المعدنية نفسها مرهقة، والثروة التي تعتمد عليها تقوم كثيرًا على أساس توزيع الموارد المعدنية غير المتساوية. وأيضًا لأنَّ العملات المعدنية أكثر عرضة للتزييف، وخاصة بعد انتشار المعرفة بأشغال المعادن أكثر في القرون الماضية، فكان تزييفها بالنسبة لمعظم الناس أسهل من النقود الورقية. (في الوقت الحاضر، انعكس الوضع. فيمكن لأيِّ شخص باستخدام طابعة ليزر صنع ورقة جيدة من فئة عشرين دولارًا. هل تعرف أحدًا الآن يمكنه أنْ يصب النيكل بشكل مقبول، حتى لو كان مثل هذا الشيء يستحق القيام به؟).

إذا كانت كيمياء سبيكة العملات المعدنية السهلة في صفِّ النصابين، فإنَّ كيمياء المعادن الفريدة مثل اليوروبيوم

في عصر النقود الورقية ساعدت الحكومات في مكافحة النصب. كل ذلك يعود إلى كيمياء اليوروبيوم، وخاصة حركة الإلكترونات داخل ذراتها. حتى الآن ناقشنا فقط ارتباط الإلكترون، وحركة الإلكترونات بين الذرات. لكن الإلكترونات تدور باستمرار حول أنويتها الخاصة بها في حركة تقارن في كثير من الأحيان بدوران الكواكب حول الشمس. على الرغم من أنَّ هذا التشبيه جيد إلى حد ما، فإنه لا يُؤخذ كما هو. الأرض في النظرية لديها العديد من المدارات المختلفة حول الشمس، أما الإلكترونات فلا يمكنها أخذ أيِّ مسار قديم حول نواة. إنها تتحرك ضمن مستويات رئيسة ومستويات طاقة مختلفة، وليس هناك مستوى طاقة بين الأول والثاني، أو بين الثاني والثالث، وهلم جرّا، فإنَّ مسارات الإلكترونات مقيدة للغاية؛ فهي تدور فقط على مسافات معينة من «شمسها» وتدور في مدارات مستطيلة

بزوايا غريبة. أيضًا، خلافًا للكوكب، الإلكترون إذا أثير بواسطة الحرارة أو الضوء يمكنه القفز من المستوى منخفض الطاقة إلى مستوى الطاقة العالية الفارغ. لا يمكن للإلكترون البقاء في حالة ذات طاقة عالية لفترة طويلة، لذلك سرعان ما يتراجع. ولكن هذه ليست حركة ذهاب وإياب بسيطة؛ لأنه يمكن أنْ يتوقف عندما يفقد الإلكترون الطاقة بانبعاث الضوء منه.

لون الضوء المنبعث يعتمد على ارتفاعات نسبية من بداية مستويات الطاقة ونهايتها. الهبوط السريع بين المستويات المتقاربة (مثل اثنين وواحد) يطلق نبضة من ضوء أحمر ذي طاقة منخفضة، في حين أنَّ الهبوط السريع بين المستويات المتباعدة أكثر على نطاق واسع (دعنا نقول: خمسة واثنين) يطلق ضوءًا بنفسجيًّا ذا طاقة عالية؛ لأنَّ خيارات الإلكترونات حول مكان القفز مقيدة على كامل عدد

مستويات الطاقة، الضوء المنبعث مقيد أيضًا. الضوء المنبعث من الإلكترونات في الذرات ليس مثل الضوء الأبيض المنبعث من المصباح. بدلاً من ذلك، تبعث الإلكترونات ضوءًا محددًا جدًّا بألوان شديدة النقاء. مستويات كل عنصر تقع على ارتفاعات مختلفة، لذا كل عنصر يطلق خيطًا مميزًا من الألوان، الخيوط نفسها التي لاحظها روبرت بنسن مع موقده والمطياف. في وقت لاحق، كان إدراك أنَّ الإلكترونات تقفز إلى جميع أعداد المستويات، ولا تدور في مستويات فرعية نظرة أساسية في ميكانيكا الكم، وأيٌّ شيء غريب تسمعه عن ميكانيكا الكم يرجع بشكل مباشر أو غير مباشر إلى هذه القفزات المتقطعة.

اليوروبيوم يمكن أنْ يبعث الضوء كما هو موضح سابقًا، ولكن ليس بشكل جيد للغاية: فهو واللانثانيدات - قريباته - لا تمتص الضوء القادم أو الحرارة بكفاءة (وهذا سبب آخر

صعَّب على الكيميائيين تحديدها لفترة طويلة). ولكن الضوء عملة عالمية، فهو قابل للاستهلاك في أشكال كثيرة في العالم الذريِّ، ويمكن للانثانيدات أنْ تبعث الضوء بطريقة أخرى من الامتصاص البسيط تسمى الفلوريّة (الفلورسنت). وهي شائعة لدى معظم الناس من مصباح الضوء الأسود والملصقات المخدرة للإحساس psychedelic posters. بشكل عام، الانبعاثات الطبيعية للضوء تشرك الإلكترونات فقط، ولكن الفلورسنت تشمل الجزيئات كلها. وبينما الإلكترونات تمتص الضوء من اللون نفسه وتبعثه (يدخل الأصفر، ويخرج الأصفر)، فإن جزيئات الفلورسنت تمتص الضوء عالي الطاقة (الأشعة فوق البنفسجية) ولكنها تبعث منها الطاقة كطاقة منخفضة؛ الضوء المرئي. اعتمادًا على الجزيء المرتبط، يمكن لليوروبيوم أنْ يبعث ضوءًا أحمر، أو أخضر، أو أزرق.

تعدُّد الاستخدامات مصدر قلق للمزورين، ويجعل من اليوروبيوم أداة عظيمة لمكافحة التزييف. الاتحاد الأوروبيُّ European Union (EU) في الواقع، يستخدم العنصر المشابه لاسمه لوضعه في الحبر المستخدم على أوراق العملات. لتحضير الحبر، يدس كيميائيٌّ خزانة الاتحاد الأوروبيِّ صبغة الفلورسنت مع أيونات اليوروبيوم التي ترتبط مع نهاية جزيئات الصبغة. (لا أحد يعرف الأصباغ تمامًا، حيث حظر الاتحاد الأوروبيُّ الكشف عنها. يمكن للكيميائيين الذين يحترمون القانون التخمين فقط). وعلى الرغم من عدم الكشف عن هويتها، يعرف الكيميائيون أنَّ أصباغ اليوروبيوم تتكون من جزأين؛ الأول هو المتلقي أو الهوائيّ، والذي يشكل الجزء الأكبر من الجزيء. الهوائيّ يلتقط الطاقة الضوئية الواردة، التي لا يمكن أنْ يمتصها اليوروبيوم؛ فيحولها إلى طاقة ذبذبات يمكن أنْ يمتصها

اليوروبيوم؛ وتلوي تلك الطاقة وصولاً إلى طرف الجزيء. هناك، يثير اليوروبيوم الإلكترونات التي تقفز إلى مستويات طاقة أعلى. ولكن، قبل قفز الإلكترونات وهبوطها وانبعاثها، «يرتد» القليل من موجة الطاقة الواردة مرة أخرى إلى الهوائيّ. وهذا لن يحدث مع ذرات اليوروبيوم المعزولة، ولكن الجزء الضخم للجزيء يخفف من حدة الطاقة ويبددها. بسبب تلك الخسارة، عندما تهبط الإلكترونات فإنها تنتج طاقة ضوء منخفضة.

لماذا هذا التحول مفيد؟ يتم اختيار أصباغ الفلورسنت حيث يظهر اليوروبيوم باهتًا تحت الضوء المرئيّ، ويمكن أنْ يركن المزور إلى التفكير بأنَّ لديه نسخة مطابقة. إذا حركتَ ورقة اليورو تحت ليزر خاص، رغم ذلك، سوف ينخز الليزر الحبر غير المرئيّ. الورقة ستكون سوداء، ولكن ألیافًا صغيرة، موجهة بشكل عشوائيٍّ مدسوسة مع اليوروبيوم

ستظهر مثل تشكيلات النجوم الملونة. رسمتْ أوروبا على الأوراق النقدية نقوشًا تضيء بلون أخضر وكأنها عيون كائنات فضائية. إكليل النجوم مكتسب هالة من الأصفر أو الأحمر، والنصب التذكاري والتوقيعات والأختام مخفية باللون الأزرق الباهر. يكتشف المسؤولون المزورين ببساطة من خلال النظر إلى الأوراق النقدية التي لا تظهر فيها جميع هذه العلامات.

هناك حقًّا نوعان من اليورو في كل الأوراق النقدية، الأول: هو الظاهر لنا. والثاني هو اليورو المخفي والمرسوم مباشرة داخل الأول برمز مدمج. هذا التأثير من الصعب جدًّا تقليده دون تلقي التدريب المتخصص، وأصباغ اليوروبيوم؛ جنبًا إلى جنب مع ميزات أمنية أخرى جعلت من اليورو العملة الورقية الأكثر تطورًا من أيِّ وقت مضى. أوراق اليورو بالتأكيد لم يتوقف تزويرها، ومن المستحيل

توقف ذلك ما دام الناس يحبون المال. ولكن الجدول الدوري كافح كثيرًا لإبطاء انتشاره؛ مما أعطى اليوروبيوم مكانًا بين المعادن الثمينة.

رغم وجود التزوير، فقد استُخدم العديد من العناصر كعملة مشروعة عبر التاريخ. أثبت بعضها فشلاً كبيرًا، مثل الإثمد. وهناك عناصر أخرى أصبحت عملة مالية تحت ظروف بشعة.

بينما كان يعمل في مصنع السجن للكيماويات خلال الحرب العالمية الثانية، بدأ الكاتب الإيطالي والكيميائي بريمو ليفي سرقة قضبان صغيرة من السيريوم. السيريوم يطلق شررًا عندما يُطرَق؛ مما يجعله صوانًا مثاليًّا لولاعات السجائر، وقد تداول القضبان مع العمال المدنيين مقابل الخبز والحساء. جاء ليفي إلى معسكرات الاعتقال في وقت متأخر إلى حد ما، تقريبًا في وقت مجاعة وقعت هناك،

وبدأت المقايضة مع السيريوم فقط في نوفمبر 1944. وقدر أنه اشترى ما يكفي له لمدة شهرين من التموين للعيش، وهو ما يكفي ليستمر حتى حرر الجيش السوفياتي معسكره في يناير عام 1945. علمه في السيريوم هو السبب اليوم في رائعته ما بعد المحرقة: «مذكرات الجدول الدوريِّ»[130].

كانت هناك مقترحات أخرى لعملة من عناصر أقل واقعية وأكثر غرابة. غلين سيبورغ، المدفوع بحماسة في الأبحاث النووية، اقترح ذات مرة أنَّ البلوتونيوم سيصبح الذهب الجديد في التمويل العالمي؛ لأنه قيِّم جدًّا ومناسب للتطبيقات النووية. وربما كمحاكاة لسيبورغ، اقترح كاتب الخيال العلميِّ في إحدى المرات أنْ تكون النفايات المشعة عملة أفضل للرأسمالية العالمية، حيث إنَّ العملات المعدنية المختومة منها ستكون بالتأكيد أسرع انتشارًا. وبالطبع، كما يحدث خلال كل أزمة اقتصادية، يتذمر الناس من العودة

إلى معيار الذهب أو الفضة. تعتبر معظم البلدان قيمة الأوراق المالية معادلة للذهب أو الفضة الفعلية حتى القرن العشرين، والناس يمكن أنْ يقايضوا بحرية الأوراق بالمعادن. بعض الأدباء يعتقدون أنَّ كتاب فرانك باوم في عام 1900 قصة الساحر أوز العظيم - الذي انتعلت به دوروثي نعال الفضة، وليس الياقوت، وسافرتْ على طريق من الحجارة ذات اللون الذهبيِّ إلى مدينة الأموال الخضراء - كان حقًّا قصة رمزية حول المزايا النسبية من الفضة مقابل معيار الذهب.

ومع ذلك، تختلف وجهات النظر حول الاقتصاد العتيق القائم على المعادن. على الرغم من أنَّ المعادن غير قابلة للتحويل الفوري إلى نقد، فإنَّ أسواق المعادن واحدة من أهم المصادر طويلة الأجل المستقرة للثروة. وهو لا يجب أنْ

يكون من الذهب أو الفضة. أوقية بأوقية، العنصر الأكثر قيمة، من بين العناصر التي يمكن شراؤها في الواقع، هو الروديوم. (لهذا السبب، لتجاوزه السجل البلاتينيّ في المبيعات، أهدى كتاب غينيس للأرقام القياسية مغني فريق البيتلز السابق بول مكارتني قرصًا مدمجًا مصنوعًا من الروديوم في عام 1979 للاحتفال بكونه الموسيقار الأكثر مبيعًا في كل العصور). إلا أنَّه لا أحد في أيِّ وقت مضى حصل على المزيد من المال بسرعة أكبر - بفضل أحد عناصر الجدول الدوريِّ - من الكيميائيِّ الأمريكيِّ تشارلز هول مع الألومنيوم.

هناك عدد من الكيميائيين الأذكياء كرسوا حياتهم المهنية للألومنيوم خلال القرن التاسع عشر، وإنه من الصعب أنْ نحكم ما إذا كان العنصر أفضل حالاً أو أسوأ بعد ذلك. عالم دنماركيّ في الكيمياء وآخر ألمانيّ في وقت واحد

استخرجا هذا المعدن من شبّ قابض قديم في حوالى العام 1825. (الشب هو المسحوق الذي يظهر في مسلسلات الشخصيات الكرتونية، وهو الذي يجعل أفواهها تتيبس وتتجعد ملامحها؛ كما يحدث للقط سيلفستر، في بعض الأحيان عند ابتلاعه) وبسبب بريقه، إنَّ المتخصصين بالمعادن يصنفون الألمنيوم على الفور كمعدن ثمين؛ مثل الفضة أو البلاتين، ويُقدر بمئات الدولارات للأوقية.

بعد عشرين عامًا، عرف الفرنسيون كيفية توسيع نطاق هذه الأساليب لتصنيعه؛ مما جعل الألومنيوم متاحًا تجاريًّا، مقابل ثمن. وكان لا يزال أكثر كلفة من الذهب وقتها؛ لأنه على الرغم من كونه أكثر المعادن شيوعًا في القشرة الأرضية - أكثر بحوالى 8 في المئة من حيث الوزن، وأكثر شيوعًا من الذهب بمئات الملايين من المرات - الألومنيوم لا يظهر أبدًا في حالة نقية، بل على شكل عرق معدنيٍّ

مترسب. إنه دائمًا مرتبط بشيء آخر، عادة ما يكون الأكسجين. واعتبر وجود عينات نقية منه معجزة. عرض الفرنسيون في إحدى المرات قضبان الألمنيوم بجانب جواهر التاج التاريخية في ما يشبه الخزانة الاحتياطية، الإمبراطور الصغير نابليون الثالث احتفظ بمجموعة نفيسة من السكاكين الألومنيوم لخاصة ضيوفه في الولائم. (الضيوف الأقل حظوة استخدموا السكاكين والأشواك الذهب). في الولايات المتحدة، أظهر مهندسو الحكومة البراعة الصناعية لبلادهم، وغطوا نُصب واشنطن بهرم من ستة باوندات من الألومنيوم في عام 1884. قال المؤرخون إنَّ أوقية واحدة من معدن شظايا الهرم تكفي لدفع أجور يوم واحد لكل من العمال الذين وضعوه.

كان عهد الألومنيوم كمادة ثمينة في الأعوام الستين في العالم يعتبر عهدًا مجيدًا، ولكن سرعان ما دمر كيميائيٌّ

أمريكيٌّ كل شيء. خواص المعدن - الضوء، القوة، الجاذبية - مثار إعجاب المُصنعين، وانتشاره في القشرة الأرضية يمكِّنه من إحداث ثورة في إنتاج المعادن. إنه هاجس الناس، ولكنْ لا أحد يعرف وسيلة فعالة لفصله عن الأكسجين. في كلية أوبرلين في أوهايو، أستاذ للكيمياء يدعى فرانك فانينغ جويت اعتاد أنْ يُسرِّي عن طلابه بحكايات عن ألومنيوم إل دورادو الذي ينتظر من يتقن فصل هذا العنصر. واحد على الأقل من طلابه كان من السذاجة لأنْ يأخذ كلام أستاذه على محمل الجد!

في السنوات الأخيرة من حياته، تفاخر الأستاذ جويت أمام زملائه القدماء في الكلية قائلاً: «أعظم اكتشاف لي كان اكتشاف رجل يدعى تشارلز هول». عمل هول مع جويت في فصل الألومنيوم طوال السنوات الجامعية الأولى

في أوبرلين. فشل وفشل وفشل المرة تلو الأخرى، ولكنه كان يفشل بذكاء أكثر في



برشاقة قام المهندسون بتثبيت غطاء الألومنيوم فوق نصب واشنطن. توجت حكومة الولايات المتحدة النصب بالألومنيوم في عام 1884؛ لأنه كان المعدن الأغلى في العالم (وبالتالي الأكثر إثارة للإعجاب)، أغلى بكثير من الذهب. (باتمان/كوربيس)

كل مرة. وأخيرًا، في عام 1886، استخدم هول التيار الكهربائيَّ من البطاريات المصنوعة يدويًّا (لم تكن خطوط الكهرباء موجودة) من خلال سائل مركبات الألومنيوم المذاب. أطلق الطاقة من التيار وحرر المعدن النقيَّ، والذي جمع في شذرات دقيقة من الفضة في الجزء السفليِّ من

الخزان. كانت العملية رخيصة وسهلة، ويمكن أنْ تعمل بشكل جيد فقط في أحواض ضخمة كما في طاولة المختبر. كانت هذه الجائزة الكيميائية هي الأكثر رغبة منذ حجر الفلاسفة[131]، ووجدها هول «فتى الألومنيوم الرائع» الذي كان بعمر الثالثة والعشرين.

ثروة هول، مع ذلك، لم تُصنع على الفور. فقد توصل بول هيرولت الكيميائيُّ في فرنسا إلى طريقة شبيهة في الوقت نفسه. (يتشارك هول وهيرولت اليوم الفضل في الاكتشاف الذي حطم سوق الألومنيوم). اخترع نمساويٌّ طريقة فصل أخرى في عام 1887. ومع المنافسة التي تضغط على هول، سرعان ما أسس شركة الألومنيوم الأمريكية، أو الكوا Alcoa، في بيتسبرغ. وتحولتْ إلى واحد من المشاريع التجارية الأكثر نجاحًا في التاريخ.

ارتفع إنتاج الألمنيوم في الكوا بمعدلات هائلة. في الأشهر الأولى في عام 1888، أنتجت الكوا 50 باوندًا من الألومنيوم في اليوم، وبعد عقدين من الزمن كان عليها إنتاج 88000 باوند في اليوم لتلبية الطلب المتزايد عليه. وبينما ارتفع الإنتاج، انخفضت الأسعار. قبل سنوات من ولادة هول، إنجاز رجل واحد خفض سعر الألومنيوم من 550 دولارًا للباوند الواحد إلى 18 دولارًا للباوند الواحد في سبع سنوات. وبعد خمسين عامًا، أخذ التضخم في الحسبان، خفَّضت شركة هول السعر إلى 25 سنتًا للباوند الواحد. مثل هذا النمو تجاوز الحدود على الأرجح مرة واحدة في التاريخ الأميركي، خلال ثورة أشباه موصلات السيليكون في وقت لاحق بعد ثمانين عامًا [132]، ومثل بارونات الكمبيوتر اليوم، كوَّن هول ثروة طائلة. عند وفاته في عام 1914، كان يمتلك أسهم الكوا بقيمة 30 مليون دولار [133] (حوالى 650

مليون دولار اليوم). وبفضل هول، أصبح الألومنيوم معدنًا مألوفًا غير مثير على الإطلاق، وأصبح أساسيًّا لعلب المشروبات الغازية وفي مضارب كرة المضرب وهياكل الطائرة. (الألومونيوم القديم، لا يزال يجلس على قمة نصب واشنطن) أعتقدُ أنَّ الأمر يعود لذوقك ورؤيتك للأمر؛ ما إذا كنتَ تعتقد أنَّ الألومنيوم كان أفضل حالاً كأثمن المعادن، أو كأكثرها إنتاجية في العالم!

وبالمناسبة، لقد استخدمتُ التهجئة الدولية لكلمة «الألومنيوم» «aluminium» بدلاً من الهجاء الأمريكية المقيد «aluminum» في هذا الكتاب. هذا الخلاف بالتهجئة يعود جذوره إلى الارتفاع السريع لهذا المعدن. عندما تكهن الكيميائيون في القرن التاسع عشر في وقت مبكر حول وجود العنصر الثالث عشر، استخدموا كلا الهجاءين، ولكن استقروا في النهاية على الكلمة الطويلة.

هذا الهجاء يتناسب مع العناصر المكتشفة مؤخرًا: الباريوم، المغنيسيوم، الصوديوم، والسترونتيوم. عندما قدم تشارلز هول براءة اختراعه لعملية التيار الكهربائيِّ استخدم الكلمة الطويلة أيضًا. ومع ذلك، عندما أعلن عن معدنه اللامع، كان هول أكثر مرونة مع لغته. هناك جدل حول ما إذا كانت الكلمة الطويلة متعمدة أو خطأ حَسُن في منشورات الدعاية، ولكن عندما رأى هول كلمة «aluminum» اعتقد أنها عملية سكٍّ رائعة؛ فأسقط حرف العلة بشكل دائم، ومعها مقطعها اللفظيّ، الذي ربط منتجه مع كلمة البلاتينيوم «platinum» الأنيقة. ولقد انتشر معدنه الجديد بسرعة، والأثر الأهم اقتصاديًّا أنَّ «الألومنيوم» أصبح ختمًا لا يمحى من النفسية الأميركية. كما هو الحال دائمًا في الولايات المتحدة؛ المال هو الذي يتحدث!

الفصل الرابع عشر:

العناصر الفنية

إنَّ تنامي تطوُّر العلوم عبر التاريخ تزامن معه ازدياد تكلفته بشكل مطرد، وأصبح لرأس المال الحقُّ في إملاء شروطه على العلم، وتحديد (ماذا، ومتى، وكيف) يجب أنْ يفعل. في عام 1956، كتبت الروائية الألمانية الإنجليزية سيبيل بيدفورد[134]: «إنَّ أجيالاً عديدة قد تجاوزت العصر الذي «كانت فيه قوانين الكون شيئًا يمكن للرجل التعامل معه بسرور في ورشة العمل المجهزة خلف الإسطبلات»[135].

بالطبع، قلة قليلة من الناس - يكونون في الغالب من السادة أصحاب الأراضي - هم الذين يمكنهم توفير ورشة عمل صغيرة حيث يمكنهم القيام بعلومهم الخاصة، في الوقت الذي كانت تتوق له بيدفورد، في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. للتأكد، ليس من قبيل المصادفة أنَّ الناس من الطبقات العليا كانوا يقومون عادة بأشياء مثل اكتشاف العناصر الجديدة: فليس كل شخص عاديٍّ لديه رفاهية وقت الفراغ بما يسمح له بالانعزال، والمجادلة حول مكونات بعض الصخور الغامضة.

هذه علامة من الأرستقراطية ما زالت باقية في الجدول الدوريِّ، ولها تأثير يمكنك أنْ تقرأه من دون ذرة معرفة في الكيمياء. تلقى السادة في جميع أنحاء أوروبا تعليمًا مغرقًا في الكلاسيكية، والعديد من أسماء العناصر - السيريوم،

الثوريوم، البروميثيوم - يشير إلى الأساطير القديمة. وهناك أيضًا أسماء تبدو ظريفة حقًّا، مثل: البراسيوديميوم، والموليبدينوم، والديسبروسيوم؛ فهي مزيج من الكلمات اللاتينية واليونانية. الديسبروسيوم يعني «الشيء الصغير المخفيّ» لأنه من الصعب فصل العناصر من شقيقتها. البراسيوديميوم يعني «التوأم الأخضر» لأسباب مماثلة (النصف الآخر منه هو النيوديميوم، «التوأم الجديد»). أسماء الغازات النبيلة أغلبها يعني «غريب»æÃ «غير فعال». حتى إن السادة الفرنسيين الفخورين في وقت متأخر من الثمانينيات من القرن التاسع عشر لم يختاروا اسم «فرنسا»æ«باريس» عندما سموا العناصر الجديدة، بل اختاروا الاسمين القديمين «غليا» (الغاليوم)æ«لتيسيا «(اللوتيتيوم)، على التوالي، كما لو كانت محاولة لإرضاء يوليوس قيصر.

كل هذا يبدو غريبًا اليوم - حيث كان المشتغلين في العلم يتلقون تعليماً عن المزيد من اللغات العتيقة أكثر من، حسنًا، العلم! - ولكن، كان هذا مقبولاً في العلم قديمًا حيث كان العلم على مدى قرون أقرب إلى الهواية منه إلى العلم الحقيقيِّ، مثل هواية جمع الطوابع. لم يكن العلم وقتها رياضيًّا أيضًا، بل كانت الحواجز للدخول إليه منخفضة، وأيٌّ نبيل ذي النفوذ، كما يقول يوهان فولفغانغ فون غوته: «يمكن أنْ يستأسد أثناء المناقشات العلمية، سواء أكان مؤهلاً أم لا».

غوته يُذكر اليوم ككاتب عظيم ومؤثر، كما يضعه العديد من النقاد في المرتبة الثانية بعد شكسبير، والأبعد من كتاباته، فقد أخذ دورًا فاعلاً في الحكومة، وانخرط في مناقشات السياسة العامة في كل مجال تقريبًا. لا يزال الكثير من الناس يضعونه بمرتبة العظماء، وربما كأعظم ألمانيٍّ

عاش على وجه البسيطة. ولكن، يجب أنْ أعترف أن انطباعي الأول عن غوته أنه كان محتالاً إلى حد ما.

في أحد فصول الصيف في الكلية، عملت مع أستاذ الفيزياء الذي على الرغم من حكاياته الرائعة، كان دائمًا يحتاج إلى اللوازم الأساسية مثل الكابلات الإلكترونية، مما يعني أنني أضطر إلى النزول إلى إدارة التموين في الطابق السفليِّ لتسولها. كان سيد الحصن هناك رجلاً يتكلم بالألمانية. وتمشيًا مع وظيفة شبيهة بكواسيمودو [136]، كان هذا الرجل غير الحليق، عريض الكتفين، ذو الشعر المتعرج والذراعين المفتولتين والصدر العريض يبدو مخيفًا عندما يقف بطول ست وخمسين قدمًا. وكنت أرتعد في كل مرة عندما أطرق بابه، فلا يمكنك التنبؤ بما سيتلفظ به، وخاصة عندما تضيق عيناه، ويسأل سؤاله الساخر المعتاد: «ألم يعد لديه أيُّ كابل إلكترونيٌّ؟!».

ولكن علاقتي معه تحسنتْ خلال الفصل الدراسي التالي عندما أخذتُ المناهج (المطلوبة) التي شارك هو في تدريسها. كانت المناهج عملية في المختبر؛ مما يعني ساعات مملة في تكوين الأشياء وتسليكها. وخلال وقت الفراغ تحدثنا معًا عن الأدب مرة أو مرتين. في أحد الأيام ذكر اسم غوته الذي لم أكن أعرفه وقتها. وأضاف: «إنه شكسبير ألمانيا!»، وأضاف قائلاً: «كل المغرورين الألمان المغفلين يقتبسون منه، إنه لأمر شائن، ثم يقولون: ماذا؟ ألا تعرف جوته؟!».

كان قد قرأ لجوته بلغته الألمانية الأصلية ووجده دون المتوسط. كنتُ لا أزال شابًّا بما فيه الكفاية لأتأثر بالإقناعات القوية، والتشهير به جعلني أرى غوته كمفكر عظيم. بعد سنوات، بعد قراءة أعمق، أصبحتُ أقدِّر مواهب غوته الأدبية. ولكن، كان عليَّ أنْ أعترف بأنَّ مدير المختبر

لديه نقطة ضعف في إعجابه بغوته. على الرغم من وجود فرق بين المؤلف والعالم، إلا أنَّ غوته لم يبخل في تقديم التصريحات في الفلسفة والعلوم أيضًا. وقد فعل ذلك بحماسة الفنان الهاوي، أكثر من الكفاءة.

في أواخر القرن الثامن عشر، وضع غوته نظرية عن كيفية عمل الألوان في محاولة منه لدحض نظرية إسحاق نيوتن؛ إلا أنَّ غوته كان يعتمد كثيرًا على الشعر كعلم، بما في ذلك أطروحته غريبة الأطوار التي تقول: «إنَّ الألوان هي نتاج الضوء والأفعال والمعاناة». وبدون أنْ نغضب من أصحاب المذهب الوضعيِّ، فإنَّ هذا الكلام في الحقيقة ما هو إلاّ هراءٌ. كما حمل في روايته الألفة الانتخابية فكرة زائفة غير شرعية وهي أنَّ الزواج عمل مثل التفاعلات الكيميائية. وهذا هو، إذا وضعت زوجين (È Ã) في اتصال مع زوجين (Ì Ï)، فإنهم جميعًا قد يرتكبون بشكل طبيعيٍّ علاقة محرمة

كيميائيًّا، ويشكلون أزواجًا جديدة:Ã È + Ì Ì Ï =Ã Ì + È

Ï. هذا لم يكن تلميحًا أو مجرد تشبيه. شخصيات الرواية في الواقع ناقشتْ إعادة ترتيب هذه المعادلات الجبرية في حياتها. مهما كانت ملامح القوة الأخرى في الرواية (خصوصًا في تصوير العاطفة)، فإنَّ غوته كان سيؤدي أفضل لو ترك العلوم وشأنها.

حتى تحفة غوته، رواية فاوست، تحتوي على تكهنات قديمة في الخيمياء، والأسوأ (الخيمياء على الأقل مقبولة)¡ وهو الحوار السفسطائيُّ عديم الفائدة بين «النيتونيين» [137] æ«البلوتونيين» [138] عن كيفية تشكل الصخور. يعتقد النيتونيون مثل غوته أنَّ الصخور منفصلة من المعادن في المحيط، من عالم الإله نبتون؛ لكنهم كانوا مخطئين. البلوتونيون - الذين سُمّوا من اسم إله الموتى والجحيم بلوتو، والذي اتخذه الشيطان ذريعة بشكل خاطئ، في رواية فاوست

- جادلوا بشكل صحيح أنَّ البراكين وحرارة أعماق الأرض شكلت معظم الصخور. كالعادة، اختار غوته الجانب الخاسر؛ لأنه يرضيه من الناحية الجمالية. ستبقى رواية فاوست رمز الغطرسة العلمية القوية مثل شخصية فرانكشتاين[139]، وبعد وفاة غوته في عام 1832 تفككت العلوم والفلسفة سريعًا، ولا يزال الناس يقرأون أعماله بشغف لقيمتها الأدبية.

ومع ذلك، فقد أسهم غوته بمساهمة واحدة دائمة للعلم عمومًا، والجدول الدوريِّ على وجه التحديد، من خلال المحسوبية! في عام 1809، عندما كان وزيرًا للدولة، كان على غوته مسؤولية اختيار أحد العلماء لكرسي شاغر في الكيمياء في جامعة جينا. وبعد الاستماع إلى توصيات من الأصدقاء، قادت بصيرة غوته لاختيار يوهان فولفغانغ آخر،

هو يوهان فولفغانغ دوبرينير. كان رجلاً محليًّا، ولا يحمل درجة عالية في الكيمياء، وسيرته الذاتية ضعيفة. ÓÑ الكيمياء فقط بعد محاولات فاشلة في الأدوية، والمنسوجات، والزراعة، وصناعة النبيذ. عمل دوبرينير في الصناعة، ومع ذلك علمته المهارات العملية التي لم يتعلمها رجل شهم مثل غوته، ولكن أعجبته كثيرًا خلال عصر القفزات الصناعية الكبيرة. سرعان ما اهتم غوته بقوة بهذا الشاب، وكانا يمضيان الساعات الطويلة السعيدة في مناقشة مواضيع الكيمياء الساخنة في تلك الأيام، مثل: لماذا يلطخ الملفوف الأحمر الملاعق الفضية؟ وما هي مكونات معجون الأسنان المسمى على اسم مدام دي پومپادور[140]. لكن الصداقة أحيانًا لا تستطيع أنْ تمحو تمامًا الاختلافات الشاسعة في الخلفية والتعليم. غوته، بطبيعة الحال، كان قد تلقى التعليم الكلاسيكيَّ بتوسُّع، وحتى اليوم في كثير من الأحيان

يُوصف (مع لمسة من الغلو) باعتباره الرجل الأخير الذي يعرف كل شيء، والذي لا يزال من الممكن أنْ تتداخل عنده الفنون والعلوم والفلسفة بشكل كبير مرة أخرى. كما أنه كان كثير الترحال في العالم. عندما استغله غوته في منصب في جامعة جينا، لم يكن دوبرينير قد غادر ألمانيا من قبل، وظل السادة المفكرون مثل غوته حتى الآن علماء أكثر نموذجية من مثل الريفيِّ الأقل شأنًا يوهان فولفغانغ.

ومن المناسب أيضًا ذكر أنَّ أكبر إسهامات دوبرينير تجاه العلم كانت مستوحاة من واحد من العناصر النادرة، وهو السترونتيوم؛ لم يكن اسمه مشتقًّا من الحضارة الهيلينية ولا يرتبط بشيء مع أوفيد. كان السترونتيوم أول الإرهاصات بوجود الجدول الدوريِّ. اكتشفه طبيب في مختبر مستشفى في منطقة ريد لايت في لندن في عام 1790 على مسافة قريبة من مسرح شكسبير الدائريِّ القديم، وأطلق عليه الاسم

من منطقة معادن كان يدرسها، وهي سترونتيان، وهي قرية للتعدين في اسكتلندا وعمل بها دوبرينير بعد عشرين عامًا. كان دوبرينير يركز في بحثه (لاحِظ التطبيق العمليَّ) على إيجاد طرق دقيقة لوزن العناصر، والسترونتيوم الجديد والنادر كان يشكل تحديًا. بتشجيع من غوته، بدأ دراسة خصائصه. وأثناء العمل على أرقامه على السترونتيوم، لاحَظ شيئًا غريبًا؛ فقد وقع الوزن بالضبط بين وزنَي الكالسيوم والباريوم. وعلاوة على ذلك، عندما نظر إلى كيمياء السترونتيوم، وجده يتصرف مثل الباريوم والكالسيوم في التفاعلات الكيميائية. كان السترونتيوم بطريقة أو بأخرى مزيجًا من عنصرين؛ أحدهما أخف منه والآخر أثقل.

مفتونًا بهذا العمل، بدأ دوبرينير يزن بدقة أكثر عناصر أكثر، ويبحث حول «ثالوث» آخر. أخذ الكلور، والبروم، واليود، والكبريت، والسيلينيوم، والتيلوريوم، وغيرها. في كل

حالة، كان وزن العنصر الأوسط يقع في منتصف الطريق بين العنصرين الكيميائيين الآخرين. قناعته بهذا لم تكن من قبيل الصدفة، بدأ دوبرينير جمع هذه العناصر في ما نعرفه اليوم بأعمدة الجدول الدوريِّ. والحقيقة أنَّ الكيميائيين الذين وضعوا أول جداول دورية بعد خمسين عامًا بدأوا مع ركائز دوبرينير [141].

الآن، كان السبب في مرور خمسين عامًا بين دوبرينير وديمتري مندليف بدون ظهور الجدول الدوريِّ، أنَّ عمل الثالوث خرج عن السيطرة. بدلاً من استخدام السترونتيوم والعناصر المجاورة له للبحث عن وسيلة شاملة؛ لتنظيم المادة، بدأ الكيميائيون (متأثرين بالمسيحية، والخيمياء، واعتقاد فيثاغورس بأنَّ الأرقام تجسِّد الواقع بطريقة أو بأخرى الميتافيزيقية الحقيقة) رؤية الثالوث في كل مكان والخوض في العدادة [142] الثلاثية. حسبوا الثلاثيات من أجل حساب

الثلاثيات، ورفعوا كل علاقة ثلاثة في شيء واحد؛ بصرف النظر إنْ كان هذا الشيء مقدسًا أو تافهًا. ومع ذلك، وبفضل دوبرينير، كان السترونتيوم هو العنصرَ الأولَ الذي وُضع بشكل صحيح في نظام شامل أكبر من العناصر. وما كان دوبرينير ليقوم بهذا دون الاعتقاد أولاً، ثم دعم غوته.

ثم مرة أخرى، جعل دوبرينير راعيه يبدو أكثر من مجرد عبقريٍّ، من خلال دعمه له طوال الوقت ولا سيما في عام 1823؛ عندما اخترع أول ولاعة محمولة. تعتمد هذه الولاعة على قدرة البلاتين الفائقة على استيعاب كميات هائلة من غاز الهيدروجين القابل للحرق وتخزينها. في عصر كانت فيه جميع أغراض الطهي والتدفئة لا تزال تطلب النار، فإنه برهن على أنها نعمة اقتصادية لا تُقدَّر. الولاعة - وتسمى مصباح دوبرينير - جعلت دوبرينير مشهورًا على مستوى العالم مثل غوته.

لذلك، حتى لو كانت أعمال غوتة عن الأمور العلمية ضعيفة، إلا أن كتاباته ساعدتْ في نشر فكرة أنَّ العلم رسالة نبيلة. ورعايته حثت الكيميائيين نحو الجدول الدوريِّ. إنه يستحق على الأقل مكانة مرموقة في تاريخ العلوم، والتي قد يكون راضيًا عنها في نهاية الأمر. ويسعدني هنا أنْ أقتبس عبارته التي لا تقل عن شخصية يوهان فولفغانغ فون غوته العظيمة (مع اعتذاري لمدير مختبري القديم): «إنَّ تاريخ العلم هو العلم نفسه».

يقدِّر غوته الجمال الفكريَّ للعلوم. والناس الذين يقدِّرون الجمال في العلوم يميلون إلى الاحتفاء بانسجام الجدول الدوريِّ واتساقه مثل تكرار موسيقى باخ الرائعة. بالإضافة إلى أنه ليس كل الجمال في الجدول الدوري تجريديًّا. ألهم الجدول الدوري الفن في كل مظاهره. الذهب والفضة والبلاتين عناصر جميلة في حد ذاتها، وغيرها من العناصر

- مثل الكادميوم والبزموت - تشع إشراقًا، وهي أصباغ ملونة في المعادن أو الألوان الزيتية. تلعب العناصر دورًا قويًّا في التصميم أيضًا، وفي صنع الأشياء الجميلة في الحياة اليومية. السبائك الجديدة من العناصر كثيرًا ما توفر حوافَّ غاية في القوة أو المرونة التي تحول تصميمها من مجرد هدف وظيفيٍّ إلى مظهر جماليٍّ. ومع إدخال عنصر صحيح في شيئًا ما مثل قلم الحبر العادي يمكن أنْ يحقق التصميم الذي هو في حقيقة الأمر - لو أنه ليس محرجًا جدًّا لأقول ذلك (وبالنسبة لبعض هواة القلم، ليس كذلك) - بوصات تقترب من الفخامة[143].

في أواخر العشرينيات من القرن العشرين، وضع المصمم الأسطوريُّ الهنغاريُّ (والأمريكيُّ لاحقًا) لازلو موهولي ناجي تمييزًا أكاديميًّا بين مصطلح «التقادم القسري» æ»التقادم المصطنع». التقادم القسريُّ هو طبيعة الأشياء

بالنسبة للتكنولوجيات، كما تورد كتب التاريخ: آلات الحصاد بدل المحاريث، بندقية جاتلينج بدل بنادق الماسكيت [144]؛ هياكل القوارب من الخشب إلى الصلب. في المقابل، هيمن التقادم المصطنع وعلى نحو متزايد على القرن العشرين، كما قال موهولي ناجي: «أصبح الناس يتخلون عن السلع الاستهلاكية، ليس لأنها بضائع عتيقة، ولكن لأنَّ لدى أحد الجيران بضائع أحدث وتصميمًا أكثر أناقة». موهولي ناجي - فنان التصميم والفيلسوف نوعًا ما - عبَّر عن التقادم الاصطناعيِّ بالماديِّ، والطفوليِّ، و»التفكك الأخلاقيّ». وكما هو صعب الاعتقاد به، القلم المتواضع أصبح في وقت ما نموذجًا لحاجة الناس الشرهة إلى شيء ما، أيّ شيء، بشرط أنْ يكون متقدمًا وجديدًا أيضًا.

بدأ القلم ينطلق مثل خاتم فرودو [145] في عام 1923 على يد رجل واحد. عندما كان في الثامنة والعشرين، أقنع

كينيث باركر مديري الأعمال التجارية للعائلة بتخصيص المال للشركة، لتنفيذ تصميم جديد لقلمه الفاخر دوفولد Duofold. (بذكاء، انتظر إلى أنْ غادر السيد باركر، والده، المدير الكبير، في رحلة بحرية طويلة حول أفريقيا وآسيا، حتى لا يستطيع إيقاف مشروعه). وبعد عشر سنوات، في أسوأ أيام الكساد العظيم، راهن باركر مرة أخرى عن طريق إدخال نموذج آخر راقٍ، فكيوماتيك Vacumatic. وفي مثل ذلك الوقت، بعد بضع سنوات فقط، أصبح باركر Parker المدير نفسه، وأخذ يفكر في تصميم آخر جديد. كان قد قرأ واستوعب نظريات موهولي ناجي للتصميم، ولكن بدلاً من السماح للشبهات الأخلاقية بأنْ تطوق التقادم المصطنع، رأى باركر في الموضة الحقيقية الأميركية فرصة لجمع الكثير من المال. إذا وجد الناس أنَّ هناك شيئًا ما أفضل مما لديهم، فإنهم يقبلون على شرائه حتى لو لم يكونوا في

حاجة إليه. وتحقيقًا لهذه الفكرة، في عام 1941، قدم ما يعتبر على نطاق واسع أعظم قلم في التاريخ، باركر 51؛ والذي استمد اسمه من عدد سنوات التي عملت فيها شركة قلم باركر، عندما ضرب هذا النموذج المدهش، والزائد عن الحاجة أيَّ معارضة.

كان القلم بشكله الانسيابيِّ الناعم في منتهى الأناقة، وكان غطاء القلم من الذهب أو مطليًّا بالكروم، إبزيم القلم مع سهم مذهب الريشة. كان الجسم ممتلئًا ومغريًا للالتقاط وكأنه سيجارة طويلة، وجاء في ألوان مدهشة مثل الأزرق المخضر، والأخضر، والكاكاو، والخوخ، والأحمر الغامق. بدا رأس القلم، باللون الأسود الهنديِّ، مثل رأس سلحفاة خجولة، كان مدببًا وذا فتحة جميلة تشبه أقلام الخط. وهذه الفتحة تتمدد منها سن ذهبية صغيرة مثل اللسان المتدحرج ليوزع الحبر. داخل هذا الإطار الأنيق، يعمل القلم على نوع

من البلاستيك المخترَع حديثًا ويسمى لسيت Lucite ونظام أسطوانيٍّ مبتكر لنقل حبر جديد من نوعه. يتسم هذا الحبر بأنه - ولأول مرة في تاريخ فن الخط - يجف؛ ليس عن طريق التبخر بعد استقراره على الورق، ولكن عن طريق اختراقه ألياف الورقة؛ فيجف فورًا عن طريق امتصاص الورقة له. حتى إنّ الطريقة التي يثبَّت بها الغطاء على جسم القلم حصلتْ على اثنتين من براءات الاختراع. مهندسو باركر كانوا عباقرة في أدوات الكتابة.



كثيرا ما يستشهد هواة قلم باركر 51 بأنه أعظم قلم في التاريخ، فضلًا عن أنه من التصاميم الأكثر أناقة من أيِّ وقت مضى، وفي أيِّ مجال. وكان طرف القلم من العنصر النادر والدائم الروثينيوم (www.penhero.com).

القصور الوحيد في هذا الجمال، كان في سن القلم الذهبية؛ الجزء الذي يلمس الورقة في الواقع. فالذهب، المعدن اللين، يتغير شكله بفعل الاحتكاك والضغط الصارم أثناء الكتابة. غطى باركر سن القلم بحلقة من خليط الأوزميوم والإيريديوم. المعدنان كلاهما قاسيان بشكل مناسب، ولكنها نادران ومكلفان، ويصعب استيرادهما. وقد يؤدي النقص المفاجئ أو ارتفاع الأسعار إلى القضاء على التصميم؛ لذلك وظَّف باركر علماء معادن من جامعة ييل لإيجاد البديل. في غضون عام، تقدمت الشركة بطلب براءة اختراع آخر لرأس من الروثينيوم؛ العنصر الأفضل قليلاً من الخردة في ذلك الحين! ولكنه كان في النهاية رأسًا يستحق بقية التصميم، وبدأ الروثينيوم يغطي كل باركر 51 في عام 1944.

الآن، بصراحة، على الرغم من هندسته المتفوقة، باركر 51 كان على الأرجح يساوي معظم أقلام الحبر في عمله الأساسي؛ وهو إيصال الحبر إلى الورقة. ولكن، كما توقع تصميم موهولي ناجي، تتوافق الحاجة مع الموضة. مع رأس جديد، تقوم الشركة بإقناع المستهلكين من خلال الإعلانات بأنَّ أدوات الكتابة وصلت إلى أعلى مستوياتها، وبدأ الناس في التخلي عن أقلام باركر القديمة للحصول على واحد من هذه الأقلام الجديدة. القلم 51 - «القلم الأكثر طلبًا في العالم» - أصبح رمزًا للمكانة الاجتماعية، والشيء الوحيد الذي يحمله أرقى المصرفيين والسماسرة، والسياسيون للتوقيع على الشيكات وفواتير المطاعم وبطاقات أداء الغولف. حتى إنَّ الجنراليْن دوايت ايزنهاور ودوغلاس ماك آرثر، استخدما قلم s51 للتوقيع على المعاهدات التي أنهت الحرب العالمية الثانية في أوروبا والمحيط الهادئ في عام 1945. مع مثل

هذه الدعاية، ومع التفاؤل الذي ساد في جميع أنحاء العالم في نهاية الحرب، قفزت المبيعات من 440 ألف قلم في 1944، حتى 21 مليون في عام 1947؛ وهذا إنجاز مذهل بالنظر إلى أنَّ تكلفة القلم 51 تبلغ 12. 50 دولارًا على الأقل في ذلك الوقت، وارتفعتْ إلى 50 (ثم من 100 دولار إلى 400 دولار اليوم) ومع خرطوشة الحبر القابلة لإعادة التعبئة ورؤوس الروثينيوم الدائمة لم تعد هناك حاجة لاستبدال القلم.

حتى موهولي ناجي - على الرغم من أن انتقال نظرياته بسلاسة إلى التسويق قد يسبب له انزعاجًا - كان معجبًا بقلم 51. توازنه في اليد، ومظهره، وتدفق الحبر السلس كلها أعجبت موهولي ناجي، وشهد مرة على أنه تصميم مثاليٌّ، حتى إنه حصل على وظيفة استشارية لباركر ابتداء من عام 1944. بعد ذلك، انتشرتْ شائعات على مدى عقود مفادها

أنَّ موهولي ناجي كان قد صمم لنفسه 51. واصل باركر بيع نماذج مختلفة من 51 إلى عام 1972. وعلى الرغم من أنه أعلى قيمة مرتين من أرخص الأقلام المنافسة له، بيعت كل الأقلام حتى ذلك الوقت، وجنى 400 مليون دولار في المبيعات (بضعة مليارات من الدولارات اليوم).

بالطبع، بعد فترة ليست طويلة اختفى باركر 51، وبدأت سوق الأقلام الراقية تذبُل. والسبب واضح جدًّا؛ في حين أنَّ ازدهار القلم 51 قد جعل الأقلام أخرى تبدو أقل شأنًا، أُجبرتْ كل الأقلام تدريجيًّا على التراجع أمام تكنولوجيات مثل الآلة الكاتبة. ولكن هناك قصة ساخرة لتكشف هذا الاستحواذ الذي بدأ مع مارك توين، واستمر في طريقه مرة أخرى إلى الجدول الدوريِّ.

بعد رؤية عرض عن الآلة الكاتبة في عام 1874؛ وعلى الرغم من الكساد الاقتصاديِّ في جميع أنحاء العالم،

اشترى توين مباشرة واحدةً من تلك الآلات ذات السعر الباهظ والبالغ 125 دولارًا (2400 دولار اليوم). في غضون أسبوع، كتب رسائله عليها (جميع الأحرف كبيرة، لا توجد بها أحرف صغيرة) وبعد أنْ تخلى عنها، قال معبِّرًا عن أسفه: «IT IS MOST TOO TEARING ON THE MIND» «إنها تنهك العقل أكثر من اللازم». في بعض الأحيان، من الصعب فصل شكاوى توين الحقيقية عن شخصيته متقلبة المزاج، لذلك ربما كان يبالغ. ولكن بحلول عام 1875، كان قد تخلى عن آلته الكاتبة، وقرر بدلاً من ذلك اقتناء أقلام «حبر سائل» لشركتين. عشقه للأقلام الثمينة كان بلا حد؛ حتى لو استدعى الأمر «قدرًا كبيرًا من السبِّ لجعلها تعمل!». لكن أقلام باركر s51 كانت مختلفة.

ومع ذلك، قام توين أكثر من أيِّ شخص آخر بدعاية غير مباشرة لانتصار الآلات الكاتبة على الأقلام الراقية.

وقدم أول مخطوطة مطبوعة للناشر «الحياة على المسيسيبي» في عام 1883 (التي أملاها على سكرتيرته، ولم يقم بكتابتها بخط اليد). وعندما طلبتْ منه شركة ريمنجتن دعم آلاتها (كان توين قد اشترى واحدة أخرى على مضض) رفض بخطاب قاسٍ، ولكن شركة ريمنجتن أقدمتْ على طباعة الخطاب ونشره على أي حال[146]. كان اعتراف توين، الشخص الأكثر شعبية في أميركا، بأنه يملك إحدى آلات الكتابة تأييدًا كافيًا.

هذه القصص عن سبِّ الأقلام التي كان يحبها، واستخدام الآلات الكاتبة التي يكرهها، تؤكد وجود تناقض في توين. على الرغم من أنه ربما نقيض غوته في الإحساس الأدبيِّ الشعبيِّ، فإنَّ توين الديمقراطيَّ يشارك غوته الغموض حول التكنولوجيا. لم يكن لدى توين أيُّ طموح لممارسة العلم، ولكن الناس مع غوته فتنوا بالاكتشافات العلمية. في

الوقت نفسه، كانوا يشكون في وجود حكمة كافية لدى الإنسان المعاصر لاستخدام التكنولوجيا بشكل صحيح. وقد تجلى هذا الشك نفسه في رواية فاوست لغوته. كتب توين ما يمكن أنْ نعرفه اليوم بأدب الخيال العلميِّ. وعلى النقيض من رواياته الناضجة، كتب قصصًا قصيرة حول الاختراعات والتكنولوجيا؛ تعبيرًا عن الواقع المرير، والفضاء والوقت الذي يستغرقه السفر، حتى إنه في قصته الرائعة بيع للشيطان كتب عن مخاطر عناصر الجدول الدوريِّ.

القصة المكونة من ألفي كلمة، تبدأ بعد وقت قصير من حادث انهيار افتراضيٍّ لأسهم الصلب حوالى العام 1904. راوي القصة المستميت من أجل المال، قرر أنْ يبيع روحه الخالدة لأحد الشياطين السبعة الرئيسين. وللتوصل إلى اتفاق، اجتمع مع الشيطان في الظلام، في مخبأ غير معروف في منتصف الليل، وشرب قليلاً من مزيج الخمر

والماء الساخن، وناقشا السعر على نحو كئيب - السعر المتواضع للأرواح - ولكن سرعان ما تراجع حين علم عن ميزة غير عادية في تشريح الشيطان، وهي أنه مصنوع بالكامل من الراديوم.

قبل ست سنوات من قصة توين، كانت ماري كوري قد أذهلت العالم العلميَّ بحكاياتها عن العناصر المشعة. كانتْ تلك أخبارًا حقيقية، ولكن توين يجب أنْ يكون قد انغمس في الساحة العلمية لإدراج جميع التفاصيل الجريئة في قصة بيع للشيطان. النشاط الإشعاعيُّ للراديوم يشحن الهواء من حوله كهربائيًّا، لذلك أضاء الشيطان باللون الأخضر المتوهج، والسبب الذي يجعل راوي القصة يفرح أيضًا هو أنَّ الراديوم يشبه الكائنات ذات الدم الحار؛ فهو أكثر سخونة دائمًا من المناطق المحيطة بها، وذلك لأنَّ النشاط الإشعاعيَّ يرفع من درجات الحرارة. هذه الحرارة تزداد باطراد كلما تركز الراديوم

أكثر. ونتيجة لذلك، شيطان توين ذو الأقدام الإحدى والستين، «تسعمائة ونيف» باوند يكون ساخنًا بما فيه الكفاية لإشعال السيجار بإصبعه. (سرعان ما تخلى عن الشيطان، رغم ذلك، «وتركه لفولتير» [147]. سماع هذا، جعل الراوي الشيطان يأخذ خمسين سيجارة أكثر، من بين أمور أخرى كتب عنها غوته).

في وقت لاحق، تطرقت القصة إلى بعض التفاصيل حول تنقية المعادن المشعة. إنها أبعد ما تكون من أشد قصص توين. ولكن، مثل أفضل قصص الخيال العلميِّ، إنها عالم الخيال. ولوقاية الناس من الاحتراق بسببه، كان جسد الشيطان من الراديوم يرتدي معطفًا واقيًا من البولونيوم؛ العنصر الجديد الآخر الذي اكتشفته كوري. علميًّا، هذا هراء: الهيكل «الشفاف» من البولونيوم «رقيق مثل فيلم جيلاتين» لا يمكنه أبدًا حجب الحرارة من كتلة حرجة من

الراديوم. ولكننا سوف نغفر لتوين، حيث إنَّ البولونيوم يخدم غرضًا دراميًّا أكبر. إنه يعطي الشيطان سببًا للتهديد ÇÅ قُدِّر لي تجريد بشرتي، فإنَّ العالم سوف يختفي في ومضة من اللهب وسحابة من الدخان، وبقايا القمر المنطفئ سوف تتبعثر إلى الأسفل عبر الفضاء بزخات من الثلج كرماد رماديِّ اللون».

ولأنه توين، لم يكن بإمكانه أنْ يسمح للشيطان بإنهاء القصة وهو في موقع قوة، فجعل محاصرة حرارة الراديوم المكثفة تجعل الشيطان يعترف سريعًا، بسخرية غير مقصودة: «أنا أحترق، إنني أعاني بداخلي». لكن، في الحقيقة، كان توين يرتجف بالفعل من القوة الهائلة للطاقة النووية في عام 1904. لو أنَّ العمر امتد به لأربعين عامًا، فإنه بالتأكيد سيثور غضبًا؛ مندهشًا لرؤية الناس يتوقون للصواريخ النووية بدلاً من الطاقة الذرية الوفيرة. وعلى عكس

غزوات غوته في العلم الصعب، فإنَّ قصص توين عن العلم لا تزال قراءتها اليوم مع إرشادات أمرًا ممكنًا.

استطلع توين العالم السفليَّ من الجدول الدوريِّ بيأس. ولكن، من كل حكايات الفنانين والعناصر، لا شيء يبدو أكثر حزنًا، أو أشد قسوة، أو أكثر خسارة من مغامرات الشاعر روبرت لويل مع واحد من العناصر البدائية، الليثيوم، في مكان عالٍ جدًّا من الجدول.

عندما كانوا جميعًا صبية يافعين في إحدى المدارس الإعدادية في وقت مبكر من ثلاثينيات القرن العشرين، اعتاد الأصدقاء على أن يلقبوا لويل بـ «كال» من اسم كالبان؛ المسخ دميم الخلقة في مسرحية «العاصفة» لشكسبير. وقال عنه آخرون «كاليجولا»[148] كنعت مستوحَى.[149] في كلتا الحالتين، كان الاسم يناسب الشاعر الاعترافي الذي أعطى نموذجًا للفنانين المجانين - مثل فان جوخ أو

بو - الذين تتبع عبقريتهم من أجزاء من النفس، لا يمكن لمعظمنا الوصول إليها، وأقل بكثير من تسخيرها لأغراض فنية. لسوء الحظ، لا يستطيع لويل كبح جماح جنونه خارج هوامش قصائده، وجنونه ينزف في جميع أنحاء حياته الحقيقية. ذات مرة كان (ويل) يتحدث بانفعال على باب أحد الأصدقاء، متقمصًا شخصية مقدسة! مرة أخرى، في بلومنجتون بولاية انديانا، أقنع نفسه أنه يستطيع أنْ يوقف السيارات على الطرق السريعة من خلال مد ذراعيه على اتساعهما. في فصول يدرس بها، كان يضيع ساعات وهو يهذي ويعيد كتابة قصائد للطلاب المشوشين في أسلوب عفا عليه الزمن من تينيسون [150] أو ميلتون [151]. عندما كان في عمر التاسعة عشرة، تخلى عن خطيبته، وخرج من بوسطن إلى الولاية التي يسكنها الشاعر تينيسي[152]، واتجه إلى منزله الريفيِّ ليرجوه أنْ يكون معلمًا له، كان ويل يأمل أنْ يستقبله

الشاعر بالترحاب، لكنه أوضح له بلطف أنه لا توجد غرفة في النزل، وقال مازحًا - على حد تعبيره - إنَّ على لويل أنْ يخيم في الحديقة إذا كان يريد البقاء. أومأ ويل بالقبول وذهب إلى محل سيرز، واشترى خيمة جرو، وعاد لنصبها على العشب!

احتفى الجمهور الأدبيُّ بهذه القصص. وخلال الخمسينيات والستينيات كان لويل هو الشاعرَ البارزَ في الولايات المتحدة، وفاز بجوائز، وباع آلاف النسخ من الكتب. كان الجميع يفترضون أنَّ غرائب لويل كانت لمسة من بعض الإلهام الإلهيِّ السماويِّ، ولكن علم النفس الدوائيَّ؛ الحقل الذي له كيان مستقل في تلك الحقبة، كان لديه تفسير مختلف: كان لدى «كال» اختلال في التوازن الكيميائيِّ، الأمر الذي جعله يُصاب بالهوس الاكتئابيِّ. ÃÑ Ì الجمهور فقط رجلاً عاصفًا، وليس مصابًا بالمزاج السوداويِّ؛

المزاج السوداويّ الذي تركه كسيرًا روحيًّا وماليًّا أيضًا. لحسن الحظ، جاء أول منظم حقيقيٍّ للمزاج، الليثيوم، إلى الولايات المتحدة في عام 1967. بالنسبة للويل الذي أودع في عنبر الطب النفسيِّ، وبعد أنْ صادر الأطباء حزامه وأربطة الحذاء وافق على العلاج.

الغريب أنه على الرغم من قوته كدواء، ليس لليثيوم أيُّ دور بيولوجيٍّ عادي. إنه ليس معدنًا ضروريًّا مثل الحديد أو المغنيسيوم، أو حتى من المغذيات الصغيرة مثل الكروم. في الواقع، الليثيوم النقيُّ معدن ضعيف التفاعل. الخيوط الناعمة في جيوب الناس تحترق إذا كانت تحمل مفاتيح أو عملات عندما يمرون ببطاريات الليثيوم المحمولة أثناء سيرهم في الشارع. والليثيوم (وهو في شكل دواء من الملح، كربونات الليثيوم) لا يعمل بالطريقة التي نتوقعها من الأدوية. نحن نأخذ المضادات الحيوية في ذروة العدوى لضرب

الميكروبات بها. ولكن أخذ الليثيوم في ذروة الهوس أو في الاكتئاب الشديد لن يزيل العرض. الليثيوم يمنع فقط العرض القادم من بدء عمله. وعلى الرغم من أنَّ العلماء كانوا يعرفون عن فعالية الليثيوم في عام 1886، إلا أنهم حتى وقت قريب لم تكن لديهم أدنى فكرة عن كيفية عمله.

الليثيوم يعدِّل الكثير من المواد الكيميائية المتحكمة في المزاج في الدماغ، وتأثيره معقد. الأكثر إثارة هو أن الليثيوم يعيد تنظيم إيقاع الساعة البيولوجية في الجسم، وساعته الداخلية. لدى الناس العاديين، الظروف المحيطة، وخصوصًا الشمس، تعدل مزاجهم وتحدد متى يشعرون بالإرهاق بانتهاء اليوم. إنهم على دورة أربع وعشرين ساعة. الناس القطبيون تعمل ساعاتهم البيولوجية على دورات مستقلة عن الشمس. ويعملون ويعملون. عندما يشعرون بشعور جيد، تغرقهم أدمغتهم بمحفزات عصبية، وفي ظل

عدم وجود أشعة الشمس يستمر تدفق المحفزات، يسميها البعض «الحماسة المرضيّة» مثل هؤلاء الناس بالكاد يحتاجون إلى النوم، وتتضخم الثقة بالنفس لديهم؛ لدرجة أنَّ أحد الشبان في بوسطن في القرن العشرين اعتقد أنَّ الروح المقدسة قد اختارته مثل جسد يسوع المسيح. في نهاية المطاف، تلك الطفرات تستنزف الدماغ، وتحطم الناس. شديد الهوس مريض بالاكتئاب، وعندما تقترب منه «الكلاب السوداء»[153] تخلد في بعض الأحيان في الفراش لأسابيع.

ينظم الليثيوم البروتينات التي تتحكم في الساعة الداخلية للجسم. يعمل هذا على مدار الساعة - بشكل غريب - على الحمض النوويِّ الريبي المنقوص الأكسجين (الدي إن Ã í) داخل الخلايا العصبية؛ خاصة في عمق الدماغ. تتعلق البروتينات الخاصة بالحمض النوويِّ لدى الناس كل صباح، وبعد مرور فترة زمنية ثابتة تتحلل وتسقط. يعيد ضوء

الشمس البروتينات أكثر وأكثر، لذلك تبقى لديهم لفترة أطول من ذلك بكثير. في الواقع، تسقط البروتينات فقط بعد نزول الظلام؛ وعند هذه النقطة ينبغي للدماغ «ملاحظة» أنَّ الحمض النوويَّ (الدي إن أي) الخالي من البروتينات يتوقف عن إنتاج المحفزات. هذه العملية تنحرف في مرضى الهوس الاكتئابيِّ؛ لأن البروتينات - على الرغم من عدم وجود ضوء الشمس - لا تزال متعلقة بشكل محكم مع الحمض النوويِّ (الدي إن أي) الخاص بهم. ولا تدرك أدمغتهم أنها يجب أن توقف التسريع. الليثيوم يساعد على شطر البروتينات من الحمض النوويّ (الدي إن أي) حتى يتمكن الناس من الخلود للراحة. لاحظ أنَّ أشعة الشمس لا تزال تتفوق على الليثيوم خلال النهار، وإعادة تعيين البروتينات، بل فقط عندما يذهب ضوء الشمس بعيدًا في الليل يساعد الليثيوم الحمض النوويَّ لتسقط البروتينات بحرية. بعيدًا عن

كونه أشعة الشمس على شكل أقراص، يعمل الليثيوم باسم «المضاد لأشعة الشمس» عصبيًّا، فإنه يبطل تأثير أشعة الشمس، وبالتالي يعدل مدار الساعة الإيقاعية إلى أربع وعشرين ساعة، ويمنع كل فقاعة هوس من الظهور.

استجاب لويل على الفور لليثيوم، وتطورت حياته الشخصية أكثر بثبات (هي بأي حال ليست ثابتة)، وعند نقطة واحدة قال إنه شفي تمامًا. من منظوره الجديد، المستقر، يمكنه أنْ يرى كيف كانت حياته السابقة - حياة كاملة من المعارك والانغماس بالشرب، وطلاق - آذى حياة الكثير من الناس. في جميع أبيات قصائده الصريحة والمؤثرة، لم يكن كل ما كتبه لويل مؤثرًا - ولا شيء عن الكيمياء الضعيفة في البشر كان مؤثرًا - مثل شكوى بسيطة إلى ناشره، روبرت جيرو، بعد أنْ بدأ الأطباء معه على الليثيوم.

قال: «إنه لأمر فظيع يا بوب أنْ تعرف أنَّ كل ما اعتراني من الألم والمعاناة، وكل المعاناة التي سببتُها للآخرين، نشأتْ بسبب نقص نوع من الملح في دماغي».

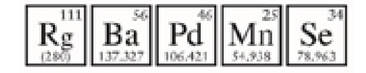
شعر لويل أنَّ حياته تحسنت مع الليثيوم، وحتى الآن كان تأثير الليثيوم على فنه قابلاً للنقاش. لويل، ومعظم الفنانين شعروا أنَّ التعامل مع أعراض الهوس الاكتئابيِّ مع إيقاع الساعة البيولوجية الصامتة يتيح لهم العمل بشكل منتج دون أنْ يؤثر عليهم الهوس أو يخدرهم الاكتئاب. كان هناك دائمًا نقاش، رغم ذلك، حول ما إذا كان عملهم قد تأثر بعد حصولهم على «العلاج»، بعد أنْ فقدوا الوصول إلى ذلك الجزء من النفس الذي لا يلمحه معظمنا.

قال العديد من الفنانين إنهم شعروا بالخمول أو التخدير من الليثيوم. ذكر أحد أصدقاء لويل أنه بدا وكأنه شيء يُنقل في حديقة للحيوانات. ومما لا شك فيه أن شِعره تغيَّر بعد

عام 1967، فأصبح أكثر خشونة وأقل رونقًا بشكل متعمد. كما أنه، بدلاً من كتابة أبيات من بنات أفكاره، بدأ بسرقة أبيات من رسائل خاصة بالآخرين؛ الأمر الذي أثار غضب الأشخاص الذين أشار لهم. ومع ذلك، أهَّله هذا العمل للفوز بجائزة بوليتزر في عام 1974، لكنه لم يحقق النجاح المأمول، ولا سيما بالمقارنة مع الأعمال السابقة المفعمة بالحيوية، إنها بالكاد تقرأ اليوم. من كل الجدول الدوريِّ الذي ألهم غوته وتوين وآخرين، إنَّ ليثيوم لويل يمكن أنْ يكون الحالة التي أعادتْ له الصحة، ولكنها جعلته ينتج فنًا مهزومًا، وأصبح العبقريُّ المجنون مجرد إنسان.

الفصل الخامس عشر:

عنصر الجنون



كان روبرت لويل مثالَ الفنان المجنون. ولكن هناك أيضًا انحرافاتٍ نفسية أخرى لدينا في الثقافة النفسية الجماعية، تتمثل في «العالِم المجنون». يميل العلماءُ المجانين بسبب الجدول الدوريِّ إلى أنْ يكونوا أقل ظهورًا للعامة من الفنانين المجانين، إنهم على كل حال لم يعيشوا حياةً خاصةً سيئة السمعة؛ فقد كانت هفواتهم النفسية خفية، وكانت أخطاؤهم نموذجًا فريدًا من الجنون المعروف باسم

العلم المَرَضي[154]. والمثير هنا هو: كيف يمكن أنْ يتعايش الجنون والذكاء جنبًا إلى جنب في العقل نفسه؟!

على عكس كل عالم آخر ورد ذكره في هذا الكتاب، وليام كروكس وُلد لأب لم يكن أكاديميًّا، بل خياطًا في لندن، وذلك في عام 1832. وليام أول طفل من ستة عشر طفلاً، واضطر في وقت لاحق أنْ يعيل عشرة منهم، وساعد عائلته الكبيرة من خلال كتابة كتاب شعبيٍّ عن الألماس، وتحرير المجلة العلمية المتباهية، «الأخبار الكيميائية». ومع ذلك، كروكس - رجل يضع نظارة طبية مع لحية وشارب مبروم - قدَّم ما يكفي من العلوم على مستوى عالميٍّ على العناصر، مثل: السيلينيوم والثاليوم؛ ليستحق انتخابه رئيسًا للنادي العلميِّ الأشهر في إنجلترا (الجمعية الملكية) وعمره واحد وثلاثون عامًا فقط. بعد عقد من الزمان، أصبح تقريبًا خارجه!

بدأ انحداره في عام 1867، عندما توفي شقيقه فيليب غرقًا في البحر[155]. على الرغم من - أو ربما بسبب - عدد الأسرة الكبير، أصاب وليام وأفراد الأسرة الحزن الشديد إلى حد الجنون. في ذلك الوقت، كانت «الروحانية» - وهي حركة جاءت من أمريكا - قد اجتاحتْ بيوت الأرستقراطيين والبائعين في جميع أنحاء إنكلترا على حد السواء. حتى إنَّ شخصًا مثل السير آرثر كونان دويل، مبتكر الشخصية شديدة الذكاء - المحقق شيرلوك هولمز - يمكن أنْ تجد في عقله قبولاً واسعًا للروحانية على أنها صحيحة. ونتيجة لهذا الوقت، بدأت مجموعة كروكس - معظمهم تجار بدون خبرة علمية أو مقدرة طبيعية - في حضور جلسات تحضير الأرواح بشكل جماعيٍّ التماسًا للسكينة؛ وللحديث مع روح فيليب الراحلة.

ومن غير الواضح سبب مرافقة وليام لهم في إحدى الليالي؛ ربما تضامنًا معهم، أو لأنَّ أحد إخوته كان مسؤول عن منصة الوسيط الروحيِّ، أو ربما لثني الجميع عن الحضور. في مذكراته، كان قد رفض مثل هذا «الاتصال» الروحيِّ واعتبره أبهة احتيالية. ومع ذلك، كانت مشاهدة الوسيط الروحيِّ وهو يعزف الأكورديون بدون استخدام اليدين، ويكتب «رسائل تلقائية» على غرار لوح ويجا بالقلم واللوح، كفيلة للتأثير فيه على نحو ما. [156] ضعفتْ دفاعاته، وعندما بدأ الوسيط الروحيُّ ينقل رسائل غير مفهومة من فيليب في العالم البعيد، بدأ وليام الصياح! وحضر المزيدَ من الجلسات، حتى إنه اخترع جهازًا علميًّا لرصد هسهسة الأرواح التائهة في غرفة تضيئها الشموع. ليس من الواضح ما إذا كان الراديومتر الجديد - زجاجة مفرغة مع ريشة حساسة جدًّا في الداخل - قد كشف في

الواقع عن وجود روح فيليب! (يمكننا أنْ نخاطر بالتخمين) ولكن لا يمكن استبعاد أنَّ وليام قد شعر بشيء ما، وهو يمسك بأيدي أفراد المجموعة في الجلسات؛ فأصبح حضوره مألوفًا.

مثل هذا التعاطف وضع كروكس في موقف حرج بين أقلية من زملائه العقلانيين في الجمعية الملكية؛ على الأرجح أقلية من شخص واحد. وبإدراك واضح، أخفى كروكس تحيزه في عام 1870 عندما أعلن أنه قد وضع دراسة علمية عن الروحانية، كان معظم الزملاء في الجمعية الملكية سعداء، على افتراض أنه سيهدم المشهد بأكمله في صحيفته الفظة. لم تسر الأمور على ما يرام، بعد ثلاث سنوات من الهتاف والاستدعاء الروحاني، نشر كروكس «ملاحظات عن التحقيق في الظاهرة التي تسمى الروحانية» في عام 1874 في مجلة يمتلكها تسمى «المجلة الفصلية

للعلوم»، حيث شبه نفسه كمسافر في أرض غريبة، ماركو بولو في الخوارق. ولكن بدلاً من مهاجمة كل خرافات الحركة الروحانية –«الاسترفاع»æ¡«الأشباح»æ¡«الأصوات الطرقية»æ¡«المظاهر المضيئة»æ¡«تطايُر الطاولات والكراسي بعيدًا عن الأرض» - خلُص إلى أنه لا يمكن للشعوذة ولا التنويم المغناطيسيِّ الجماعيِّ أنْ يفسر (أو على الأقل، لا يفسر كليًّا) جميع ما رآه. لم يكن ذلك إقرارًا دون تمحيص، ولكن كروكس طالَبَ بإيجاد القدرات الخارقة المشروعة «المتبقية»[157].

لأنَّ الأمر صادرٌ عن كروكس، فقد صدم هذا الدعم الفاتر الجميعَ في إنجلترا، بمن في ذلك الزعماء الروحيون. ولكنهم تعافوا بسرعة، وبدأوا يهتفون بتمجيد كروكس. حتى اليوم، عدد قليل من الباحثين عن الأشباح يحملون ورقته البالية على أنها «برهان» على أنَّ الأشخاص الأذكياء

سوف يؤمنون بالروحانية إذا اقتربوا منها بعقل مفتوح. أما زملاء كروكس في الجمعية الملكية فلم يكونوا متفاجئين بالمثل بل مذعورين. وقالوا إنَّ كروكس قد أعمته الحيل السحرية، واكتُسح بتأثير الحشد، وفُتن بمعلمي الكاريزما. بل هاجموا أيضًا القشرة العلمية المشكوك فيها التي قدمها في تقريره. سجَّل كروكس «بيانات» غير ذات صلة مثل درجة الحرارة والضغط الجويِّ داخل مخبأ الوسيط الروحيِّ، كما لو أنَّ الكائنات غير المادية لن تخرج رؤوسها في الطقس العاصف! بل الأكثر من هذا، وبشكل غير مريح، هاجم الأصدقاء السابقون شخصية كروكس، ووصفوه بأنه ساذج ومتظاهر. إذا كان الروحيون يستشهدون أحيانًا بكروكس اليوم، فإنَّ عددًا قليلاً من العلماء لم يغفروا له أنه مكن بأرائه هذه من استمرار حركة العصر الجديد لمدة 135 سنة، بل

حتى إنهم استشهدوا بعمله على العناصر كدليل على أنه مجنون.

في بداياته، كما ترى، كان كروكس رائدًا في دراسة السيلينيوم. على الرغم من المغذيات القليلة الضرورية بالنسبة إلى جميع الحيوانات (لدى البشر، استنزاف السيلينيوم في الدم لمرضى الإيدز نذير عن قرب الموت)¡ السيلينيوم سامٌّ في جرعات كبيرة، مربو الماشية يعرفون هذا جيدًا. إذا لم يراقبوا ماشيتهم بعناية، فإنَّها سوف تستأصل النبات البريَّ من عائلة البازلاء المعروف باسم لوكويد، وهو من الأصناف التي تمتص السيلينيوم من التربة. الماشية التي تتغذى على لوكويد تبدأ في الترنح والتعثر وتصيبها الحمى، والقروح، وفقدان الشهية؛ مجموعة من الأعراض المعروفة باسم الترنح الأعمى. ومع ذلك، فهي تستمتع بأكله. في إشارة واضحة على أنَّ السيلينيوم في الواقع

أصابها بالجنون، فإنَّ الماشية تدمن على لوكويد بالرغم من آثاره الجانبية المؤلمة واستبعاده أيّ شيء آخر. إنه ميثامفيتامين[158] الحيوانات. بعض المؤرخين الخياليين قالوا إنّ خسارة كستر في معركة ليتل بيج هورن [159] ترجع إلى أنَّ أحصنته أكلتْ من لوكويد قبل المعركة. وعمومًا، إنه من المناسب أنَّ «السيلينيوم» يأتي من كلمة سيلين «selenium»؛ الكلمة اليونانية والتي تعني «القمر» «moon»، والتي لها علاقة مع كلمة لونا «luna»، الكلمة اللاتينية «قمر» «moon» بكلمة «مجنون» «lunatic» æ«جنون» «lunacy».

وبالنظر إلى سُميته، فإنه قد يكون من المنطقيِّ لوم السيلينيوم على أوهام كروكس بأثر رجعيٍّ. بعض الحقائق المزعجة تفند هذا التشخيص. فإنَّ السيلينيوم يهاجم في كثير من الأحيان في غضون أسبوع؛ وقد بدأت أوهام كروكس في

وقت مبكر؛ في منتصف العمر بعد فترة طويلة من توقفه عن العمل مع السيلينيوم. بالإضافة إلى ذلك، بعد سبِّ مربي الماشية العنصرَ أربعة وثلاثين في كل مرة تترنح فيها بقرة، فإنَّ العديد من علماء الكيمياء الحيوية اعتقدوا أنَّ مواد كيميائية أخرى في لوكويد تسهم بقدر في الجنون والتسمم. وأخيرًا، في أدنى فكرة حاسمة، لم تسقط لحية كروكس؛ وهذا أحد الأعراض الكلاسيكية من التسمم بالسيلينوم.

اللحية الكاملة أيضًا تثير نقاشًا ضد كونه مجنونًا، كما أشار البعض، من خلال مزيل شعر آخر على الجدول الدوريِّ - السم المسمم - الثاليوم. اكتشف كروكس الثاليوم في عمر السادسة والعشرين (وهو الاكتشاف الذي ضمن تقريبًا انتخابه للجمعية الملكية)، واستمر العمل معه في مختبره لمدة عشر سنوات. لكنه على ما يبدو لم يستنشق ما يكفي منه حتى يفقد شعيرات. إلى جانب ذلك، هل يستطيع

شخص ما مسلوب الذهن بسبب الثاليوم (أو السيلينيوم) الاحتفاظ بذهنه الحاد في سن الشيخوخة؟ انسحب كروكس فعلاً من الدوائر الروحانية بعد عام 1874، وأعاد تكريس نفسه للعلم والاكتشافات الكبرى التي تنتظره. وكان أول من أشار إلى وجود النظائر، وبنى معدات علمية جديدة حيوية أكدتْ على وجود الهيليوم في الصخور؛ الاكتشاف الأول على الأرض. في عام 1897، اتجه السير وليام الحاصل حديثًا على لقب (الفارس) إلى النشاط الإشعاعيِّ، حتى اكتشف (من دون أنْ يدرك ذلك) عنصر البروتكتينيوم في عام 1900.

إنَّ أفضل تفسير لمُضيّ كروكس في حيز الروحانية هو المرض النفسيُّ الذي دمره لاستسلامه لحزنه على أخيه؛ حتى قبل صياغة مصطلح «العلم المرضيّ».

لتوضيح أكبر للمقصود بالعلم المرضيِّ، يجب أولاً إزالة أيِّ مفاهيم خاطئة عن تلك الكلمة الثقيلة «المرضيّ»o للتفريق بين ما هو علمٌ مرضيٌّ وما ليس كذلك. إنَّ العلم المرضيَّ ليس خداعًا؛ فأصحابه يعتقدون أنهم على حقٍّ، وعلى الآخرين أنْ ينظروا للأمر من منظورهم! فهو ليس النظرية العلمية التي يعتريها الخطأ، مثل الفرويدية والماركسية وغيرها من المجالات التي تصطبغ بصفة العلم، رغم عدم التزامها بمبادئ المنهج العلميِّ. وليس أيضًا علمًا مُسَيَّسًا مثل اللِيسينكووية[160]؛ حيث يدين الناس بالولاء لعلوم كاذبة بسبب التهديدات أو الإيديولوجية المنحرفة. وأخيرًا، إنه ليس من الجنون السريريِّ العام أو مجرد معتقد مختل. إنه جنون خاص، ووَهْمٌ محدد مستتير علميًّا. يقوم علماء العلم المرضيِّ باقتطاف الظاهرة الهامشية والمستبعدة التي تلح عليهم لسبب أو لآخر، وتقديم كل إمكانياتهم، وما أوتوا من

الفطنة العلمية لإثبات وجودها. ولكن اللعبة مزورة من البداية؛ فعلمهم يخدم فقط الحاجة العاطفية الأعمق للاعتقاد في شيء ما. الروحانية في حد ذاتها ليست علمًا مرضيًّا، لكنها أصبحت كذلك في أيدي كروكس بسبب «تجاربه» المتأنية، والتشذيب العلميِّ الذي أضافه إلى التجارب.

في الواقع، العلم المرضيُّ لا يظهر دائمًا من الحقول الهامشية، إنه يزدهر أيضًا في الحقول المشروعة ولا سيما النظرية منها، حيث البيانات والأدلة شحيحة ويصعب تفسيرها. على سبيل المثال، هناك فرعٌ من علم المتحجرات مهتم بإعادة الديناصورات والمخلوقات المنقرضة الأخرى، يقدم دراسة حالة كبيرة أخرى في العلم المرضيِّ.

على مستوى ما، بطبيعة الحال، نحن لا نعرف شيئًا عن المخلوقات المنقرضة؛ حيث يُعد اكتشاف هيكل عظميٍّ كامل إنجازًا نادرًا، وظهور الأنسجة الرخوة ظاهرة فريدة.

هناك نكتة تنتشر بين الناس حول إعادة هياكل الحيوانات البدائية؛ وهي أنه لو كان الفيل قد انقرض قديمًا، فإنَّ أيَّ شخص ينبش هيكلاً عظميًّا ضخمًا اليوم سوف يعتقد أنه فأر عملاق ذو أنياب، وليس الحيوان غليظ الجلد ذا الجذع المتين نفسه. كنا نعرف فقط القليل عن أمجاد غيرها من الحيوانات المنقرضة كذلك - المشارب، التهادي، والشفتين، الكروش، السرر، الخطوم، الحوصلات، البطون ذات الأقسام الأربعة، والحدب، ناهيك عن الحواجب والأرداف والأظافر، والخدود، واللسان، والحلمات - ومع ذلك، من خلال مقارنة الأخاديد والأغوار على العظام المتحجرة مع عظام المخلوقات الحديثة، يمكن للعين المدربة معرفة الجهاز العضليِّ، وقطع العصب، والحجم، والمشية، والتسنين، وحتى عادات التزاوج في الأنواع المنقرضة. علماء الحفريات عليهم أنْ يكونوا حذرين من البعد عن الاستقراء.

العلم المرضيُّ يستفيد من هذا الحذر. في الأساس، المصابون به يستخدمون غموض الدليل كدليل، مدعين أنَّ العلماء لا يعرفون كل شيء، وبالتالي هناك مكان لفرض نظريتهم أيضًا. هذا هو بالضبط ما حدث مع عنصر المنغنيز وقروش الميغالودون.

بدأت هذه القصة في عام 1873، عندما أبحرتْ سفينة الأبحاث تشالنجر HMS من إنجلترا لاستكشاف المحيط الهادئ. في إعداد رائع ذي تقنيات بسيطة، أسقط الطاقم في البحر دلاء ضخمة مربوطة بحبال بطول ثلاثة أميال تجرف قاع المحيط. إضافة إلى الأسماك وغيرها من المخلوقات الخيالية، فسحبت عشرات وعشرات من الصخور الكروية على شكل حبات البطاطس المتحجرة، ومخاريط الآيس كريم الدهنية، الصلبة المعدنية. ظهرت هذه الكتل، ومعظمها من المنغنيز، في جميع أنحاء قاع البحر في كل جزء من

المحيط، وهذا يعني بالضرورة أنَّ ملياراتٍ لا تُحصى منها منتشرة في جميع أنحاء العالم.

وكانت هذه هي المفاجأة الأولى. أما المفاجأة الثانية فكانتْ عندما فتح الطاقم المخاريط ووجدوا طبقة من المنغنيز تغطي أسنان سمكة قرش عملاقة. أكبر أسنان سمكة قرش مكتشفة حتى اليوم، كانت أسنانه عجيبة، الأسنان العادية تكون بحجم بوصتين ونصف بوصة كحد أقصى، أما الأسنان التي اكتُشفت والتي كانت المغطاة بالمنغنيز فبلغتْ خمس بوصات أو أكثر، أنياب الفم قادرة على تحطيم العظام مثل الفأس. بتطبيق التقنيات الأساسية المستخدمة مع أحافير الديناصور نفسها، حدد علماء الحفريات (فقط من الأسنان!) أنَّ هذا هو Jaws 3، ويطلق عليه اسم ميغالودون. بلغ حجمه ما يقرب من خمسين قدمًا، ووزنه حوالى خمسين طنًّا، ويمكنْ أنْ يسبح بسرعة خمسين

ميلاً في الساعة تقريبًا. ويمكنه على الأرجح غلق فمه المكون من 250 سنًّا بقوة ميغا طن، ويتغذى في الغالب على الحيتان البدائية في المياه الضحلة الاستوائية. انقرض على الأرجح أثناء خروجه في هجرته الدائمة لصيد فريسته في المياه الأكثر عمقًا وبرودة؛ البيئة التي لا تناسب تمثيله الغذائيَّ العالي وشهيته المفترسة.

كانت جميع العلوم سوية حتى الآن، إلى أنْ بدأ العلم المرضيُّ مع المنغنيز [161]. تنتشر أسنان أسماك القرش في قاع المحيط لأنها أصعب المواد البيولوجية المعروفة؛ الجزء الوحيد من بقايا القرش الذي يرقد في أعماق المحيطات (معظم أسماك القرش لديها هياكل عظمية غضروفية). إنه ليس من الواضح لماذا المنغنيز وحده - من بين جميع المعادن الذائبة في المحيطات - يغلف أسنان سمك القرش؟ ولكن العلماء يعرفون مدى السرعة التي يتراكم فيها؛ بين

نصف وواحد ونصف ملّمتر في ألف سنة. من هذا المعدل، قرروا أنَّ الغالبية العظمى من الأسنان السليمة تعود إلى قبل 1. 5 مليون سنة على الأقل، وهذا يعني أنَّ ميغالودون انقرض على الأرجح في ذلك الحين.

ولكن، كانت هناك فجوة هرع في داخلها بعض الناس؛ بعض أسنان ميغالودون لديها طبقة رقيقة من المنغنيز في شكل غامض، منذ حوالى أحد عشر ألف سنة. من منظور تطوريٍّ، يعدُّ هذا وقتًا قصيرًا جدًّا. فهل معنى هذا أنَّ العلماء لن يجدوا واحدة أخرى قبل عشرة آلاف سنة؟ أو قبل ثمانية آلاف سنة؟ أو في وقت لاحق؟

يمكنك أنْ ترى إلى أين يقود هذا التفكير. في الستينيات، ظهر عدد قليل من المتحمسين لخيال الحديقة الجوراسية [162] باتوا مقتنعين بأنَّ ميغالودون المارق لا يزال كامنًا في المحيطات، هاتفين: «يعيش ميغالودون!». وكما هو الحال

مع مثل هذه القصص، كالشائعات حول المنطقة æÃ51[163] اغتيال كنيدي، لم تنتهِ الأسطورة نهائيًا. القصة الأكثر شيوعًا هي أنَّ قروش ميغالودون تطورتْ لتصبح غواصة في أعماق البحار وتقضي أيامها الآن في قتال الكراكن [164] في أعماق البحر المظلمة. تذكرنا بأشباح كروكس، ويفترض أنْ تكون بعيدة المنال عن رؤية البشر، وهو ما يعطي إجابة مريحة للهروب من تساؤل: لماذا أسماك القرش العملاقة ميغالودون نادرة جدًّا في الوقت الحاضر؟!

ليس هناك على الأرجح شخص على قيد الحياة، لا يأمل في أعماقه أنْ تكون قروش ميغالودون موجودة ولا تزال تسبح في البحار. وللأسف، إنَّ الفكرة تتحطم تحت المجهر. من بين أمور أخرى، الأسنان المغطاة بطبقات رقيقة من المنغنيز من المؤكد أنها تحطمت في الأساس قديمًا تحت

قاع المحيط (حيث تراكمت بلا منغنيز) وتعرضتْ للماء فقط في الفترة الأخيرة التي قد تزيد عن أحد عشر ألف سنة. وبالرغم من وجود روايات لشهود العيان عن الوحوش، وهم جميعًا من البحارة ورواة القصص سيئي السمعة، فإنَّ قروش ميغالودون في قصصهم تختلف بهوس في الحجم والشكل. امتد القرش الأبيض لموبي ديك بطول ثلاثمائة قدم! (من المضحك، رغم ذلك، لم يفكر أحد في رسم صورة). عمومًا، مثل هذه القصص - كما هو الحال مع شهادة كروكس حول الكائنات الخارقة - تعتمد على تفسيرات ذاتية، وبدون دليل موضوعيٍّ، إنها ليست معقولة للتسليم بوجود قروش ميغالودون؛ حتى لو كان عدد قليل منها قد فرَّ من الأفخاخ المتطورة الآن.

ولكن الذي يجعل المطاردة المستمرة لقروش ميغالودون مَرضية حقًّا هو الشك في وجودها، فهي موجودة فقط في

قناعات الناس الداخلية. بدلاً من دحض نتائج المنغنيز، فقد واجهوها بهجوم مضاد بحكايات بطولية من الثائرين المحتالين الذين أثبتوا نظريات خاطئة للعلماء في الماضي. إنهم على الدوام يستشهدون بسمكة سيلكانث؛ السمكة البدائية في أعماق البحار التي كان يعتقد أنها قد انقرضت قبل ثمانين مليون سنة، حتى ظهرت في سوق الأسماك في جنوب أفريقيا في عام 1938. وفقًا لهذا المنطق، ولأنَّ العلماء كانوا مخطئين بشأن أسماك سيلكانث، فإنهم قد يكونون مخطئين في شأن ميغالودون أيضًا. وهذا هو الاحتمال الذي يتمسك به عشاق الميغالودون؛ فإنَّ نظرياتهم حول بقائه غير مبنية على رجحان الأدلة، ولكن على التعلق العاطفيِّ، والأمل، والحاجة إلى أنْ يكون شيءٌ رائعٌ صحيحًا.

على الأرجح، ليس هناك في التاريخ أيُّ مثال أفضل من هذه العاطفة في دراسة الحالة التالية، كحالة من العلم المرضيِّ، مغريات المتنبئين بالمستقبل، الوحش العلميِّ: الاندماج البارد cold fusion.

بونز وفليشمان/فليشمان وبونز، كان من المفترض أن يكونا أعظم ثنائيٍّ علميٍّ منذ واتسون وكريك، وربما أكثر من ماري وبيير كوري. بدلاً من ذلك، فقد انتهت شهرتهما إلى فضيحة! لأنَّ الملقبين بالأخوين؛ ستانلي بونز ومارتن فليشمان اكتفيا فقط وبشكل غير عادل، باستلهام أفكار المحتالين والنصابين والغشاشين.

كانت التجربة التي صنعت - ولم تصنع - بونز وفليشمان، إذا جاز التعبير، بسيطة بشكل خادع؛ لقد وضع

الكيميائيان ومقرهما جامعة ولاية يوتا في عام 1989 قطبًا كهربائيًّا من البلاديوم في دائرة من الماء الثقيل وأطلقا التيار. التيار خلال المياه العادية سوف يصدم O2H كهربيًا وينتج غازَي الهيدروجين والأكسجين. شيء مماثل حدث في الماء الثقيل، باستثناء أنَّ الهيدروجين في الماء الثقيل لديه نيوترون إضافيٌّ؛ لذا بدلاً من غاز الهيدروجين العادي (2H) مع اثنين من البروتونات، كوَّن بونز وفليشمان جزيئات من غاز الهيدروجين مع اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات.

ما جعل هذه التجربة مميزة هو مزيج الهيدروجين الثقيل مع البلاديوم؛ المعدن الأبيض له خاصية مدهشة تمكنه من ابتلاع تسعمائة ضعف من حجم غاز الهيدروجين الخاص به، وهذا يشبه تقريبًا أنْ يقوم رجل يزن 250 باوند بابتلاع عشرة فيلة أفريقية [165] دون أنْ يزيد ذلك في محيط خصره

شبرًا واحدًا! كما أنَّ قطب البلاديوم الكهربائيَّ في المياه الثقيلة بدأ يحمل الهيدروجين، وارتفعتْ مؤشرات موازين حرارة بونز وفليشمان وغيرها من الأجهزة. أصبحتْ المياه أكثر دفئًا مما ينبغي أنْ تكون، أو مما يمكن أنْ تكون، بالنظر إلى ضآلة طاقة التيار الواردة. ذكر بونز أنه خلال ارتفاع المؤشرات الجيدة، فإنَّ O2 H الحار جدًّا حرق موضعًا في الدورق، وفي مقعد المختبر تحته، وأرضية خرسانية تحت ذلك.

أو على الأقل ارتفعت المؤشرات في بعض الأحيان. وعمومًا، كانت تجربة غير منتظمة، والمقدمات نفسها والتجربة نفسها لا تنتج دائمًا النتائج نفسها. ولكن، بدلاً من الظفر بما حدث مع البلاديوم، كلا الرجلين أقنعا نفسيهما بأنهما اكتشفا الاندماج البارد؛ الاندماج الذي لا يتطلب درجات حرارة وضغطًا هائلاً كما في النجوم، ولكن جرى في

درجة حرارة الغرفة العادية. لأنَّ البلاديوم يمكن أنْ يحشر الكثير من الهيدروجين الثقيل في داخله، فقد فكرا بطريقة أو بأخرى في صهر بروتوناته ونيوتروناته في الهيليوم، وإطلاق كتل من الطاقة في هذه العملية.

والأكثر من ذلك، وفي تصرف تنقصه الحكمة، دعا كلٌّ من بونز وفليشمان إلى انعقاد مؤتمر صحفيٍّ للإعلان عن نتائجهما؛ مما يعني أنَّ مشاكل الطاقة في العالم قد انتهت، بثمن بخس وبدون تلوث! وإلى حد ما مثل البلاديوم نفسه، مرَّرت وسائل الإعلام هذا الادعاء (وسرعان ما قام عالم فيزيائيٌّ آخر من ولاية يوتا، ستيفن جونز، بتجارب اندماج مماثلة. سقط جونز خلف الصورة ولم يشتهر، مع ذلك، حيث إنه قدم ادعاءات أكثر تواضعًا). بونز وفليشمان أصبحا من المشاهير سريعًا، وزخم الرأي العام يبدو أنه أثر حتى على العلماء أيضًا؛ ففي اجتماع الجمعية الكيميائية

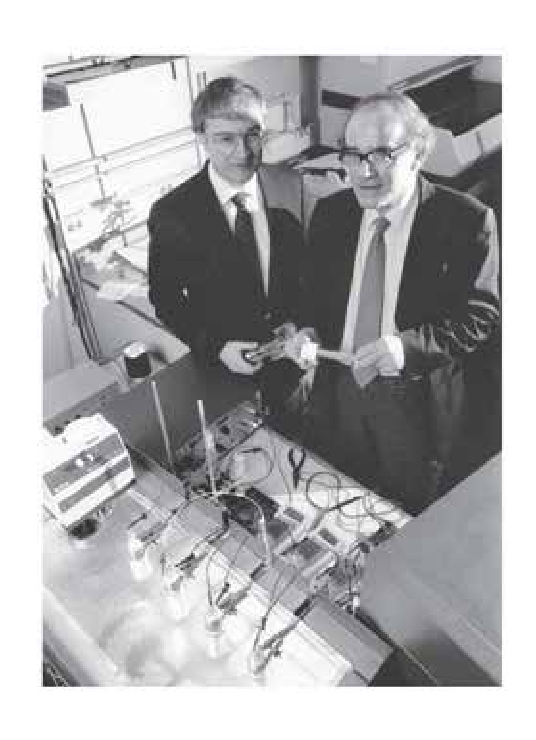
الأمريكية بعد وقت قصير من الإعلان، تلقى الثنائيُّ حفاوة بالغة.

ولكن هناك بعض السياقات المهمة هنا. في الإشادة بعمل فليشمان وبونز، ربما كان العديد من العلماء حقًّا يفكرون في الموصلات الفائقة. حتى عام 1986، كان يُعتقد أنَّ الموصلات الفائقة مستحيلة في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة 400 فهرنهايت تحت الصفر. فجأة، اثنان من الباحثين الألمان - فازا بجائزة نوبل في وقت قياسيٍّ بعد عام واحد - اكتشفا الموصلات الفائقة التي عملتْ بأعلى من تلك الحرارة. قفز فريق آخر وفي غضون بضعة أشهر واكتشف موصلات الإيتريوم الفائقة ذات «درجة الحرارة العالية» التي تعمل في درجة حرارة 280 فهرنهايت تحت الصفر (الرقم المسجل اليوم هو 218 فهرنهايت تحت الصفر). النقطة هي أنَّ العديد من العلماء الذين توقعوا

استحالة مثل هذه الموصلات الفائقة شعروا بأنهم كانوا أغبياء بعدما صارتْ حقيقة. إنها الفيزياء التي تعادل العثور على أسماك سيلكانث. ومثل رومانسيي ميغالودون، عشاق الاندماج البارد في عام 1989 يمكن أنْ يشيروا إلى الموصل الفائق ويجبروا العلماء الرافضين عادة على تعليق أحكامهم. في الواقع، يبدو أنَّ المتعصبين للاندماج البارد سيصيبهم الدوار من احتمال القضاء على مبادئهم القديمة.

ومع ذلك، إنَّ عددًا من المشككين - وخصوصًا في معهد كاليفورنيا للتقنية - غضبوا من نظرية الاندماج البارد التي أزعجتْ كبرياءهم العلمية، وشعروا بالضيق من غطرسة بونز وفليشمان. تجاوز الاثنان عملية المراجعة المعتادة في الإعلان عن النتائج، واعتبرهما البعض مجرد مشعوذيْن طامحيْن للثراء؛ خاصة بعد أنْ ناشدا الرئيس جورج بوش الأب مباشرة بتوفير 25 مليون دولار فورًا لتمويل بحوثهما.

كما رفض بونز وفليشمان الإجابة على الأسئلة الموجهة لهما - كما لو أن تلك الأسئلة كانت إهانة لهما - عن جهاز البلاديوم والبروتوكول التجريبيِّ؛ بحجة الخوف من سرقة أفكارهما، لكنهما ظهرا بمظهر من يخفي شيئًا ما!



على الرغم من الرفض الضعيف للادعاء من كل العلماء الآخرين في العالم تقريبًا، ادعى ستانلي بونز ومارتن فليشمان أنهما توصلا إلى تكوين الاندماج البارد في درجة حرارة الغرفة. وتألفت أجهزتهما من حوض الماء الثقيل مع

أقطاب مصنوعة من عنصر البلاديوم فائقة الامتصاص. (قسم المجموعات الخاصة. مكتبة ويلارد ماريوت، جامعة ولاية يوتا)

ومع ذلك، ازدادت شكوك العلماء في جميع أنحاء العالم (ما عدا في إيطاليا، حيث ظهر ادعاء آخر عن الاندماج البارد)، وعرفوا مما قاله هذان الرجلان ما يكفي للتلاعب بالبلاديوم الخاص بهما والتجارب الثقيلة والهيدروجين، وبدأوا ضرب عالمَي يوتا بنتائج فارغة. وبعد بضعة أسابيع - لعلها أكثر الجهود المتضافرة منذ وقت غاليليو لتشويه سمعة عالم ووصمه بالعار - كوَّن مئات من الكيميائيين والفيزيائيين جبهة معادية لبونز وفليشمان في بالتيمور، وأثبتوا - بشكل محرج - أنَّ الثنائيَّ تغاضى عن الأخطاء التجريبية، واستخدم تقنيات قياس خاطئة. أشار أحد العلماء إلى أنَّ الاثنين قد تركا غاز الهيدروجين يتزايد، وأنَّ «الاندماج» الأكبر كان عبارة عن تفجيرات كيميائية؛ على

غرار حادثة منطاد هيندنبورغ [166]. (إنَّ ارتفاع مؤشر الاندماج يفترض أنه كوَّن حفرة في الطاولة والمقعد بين عشية وضحاها، عندما لم يكن أحد في الجوار). عادة، تستغرق هذه العملية سنوات لاجتثاث خطأ علميٍّ، أو على الأقل لحسم مسألة مثيرة للجدل، ولكن الاندماج البارد كان باردًا وميتًا خلال أربعين يومًا من الإعلان الأولي عنه! وقد لخص أحد الظرفاء الذين حضروا المؤتمر هذه الضجة التي أثيرت بمرارة، في هذه الأبيات غير المقفاة:

أخي، عشرات الملايين من الدولارات على المحك

لأنَّ بعض العلماء وضعوا ميزان الحرارة

في هذا المكان، وليس هناك!

لكن الأمور النفسية مثيرة للاهتمام في هذه القضية التي لا تزال قادمة؛ فقد أثبتت مدى الحاجة القوية إلى الإيمان بالطاقة النظيفة الرخيصة للعالم، وهذا لا يمكن أنْ يُزال من قلوب الناس بسرعة. عند هذه النقطة، تحول العلم إلى شيء كالعلم المرضيِّ. كما هو الحال مع التحقيقات في الخوارق، لم يحصل عليه إلاّ الأقوياء (الوسيط الروحيّ، أو فليشمان وبونز) الذين لديهم القدرة على تحقيق النتائج الرئيسة، وفقط في ظل ظروف مفتعلة، وليس في ظروف عادية. وهذا لم يوقفهما، ولكنه في واقع الأمر شجع هواة الاندماج البارد. من جانبهما، بونز وفليشمان لم يتراجعا قط، ودافع أتباعهما (فضلاً عنهما شخصيًّا) كثائرين مهمين، وأنهما استطاعا وحدهما التوصل إليه! بعض النقاد واجهوهما بتجاربهما الخاصة لفترة من الوقت بعد عام 1989، ولكن مؤيدي الاندماج البارد يواجهون هذه التجارب بنتائج قاطعة

بتفسيرات بعيدة، وأحيانًا أكثر براعة من تلك التي ظهرتْ في عملهم العلميِّ الأصليِّ؛ وبالتالي توقف النقاد في نهاية المطاف.

ديفيد غودستاين، وهو فيزيائيٌّ من معهد كاليفورنيا للتقنية، لخَّص الأمور في مقال ممتاز عن الاندماج البارد قائلاً: «لأنَّ مؤيدي الاندماج البارد يرون أنفسهم كمجتمع محاصر، فهناك انتقادات داخلية قليلة. التجارب والنظريات تميل لتكون مقبولة في ظاهرها؛ خوفًا من تقديم المزيد من الوقود لمنتقديهم الخارجيين إذا كلف أيٌّ شخص خارج المجموعة نفسه عناء الاستماع. في هذه الظروف، سيزدهر الجنون؛ مما يجعل الأمور أكثر سوءًا بالنسبة لأولئك الذين يعتقدون أنَّ هناك علمًا جادًّا يجري هنا». من الصعب أنْ نتصور أفضل من هذا الوصف الموجز للعلوم المرضية[167].

التفسير الأكثر تساهلاً لما حدث لبونز وفليشمان هو أنهما ليسا مشعوذيْن، وقد أدركا أنَّ الاندماج البارد يعوزه التدقيق والأدلة الواضحة، ولكنهما كانا يريدان إحراز نقاط سريعة. إنهما ليسا من علماء عام 1789، حيث كان يمكن أنْ تخدع السذج في القرية بسرعة. كانا في طريقهما للحصول على صيدهما. وربما كانت لديهما شكوك ولكن أعماهما الطموح وأرادا أن يعيشا - ولو للحظة - متعة الإحساس بالتميز ونظرة العالم إلى البارعين؛ على الرغم من أنَّ هذين الرجلين قد تعرضا للتضليل من خاصية البلاديوم. حتى اليوم، لا أحد يعرف كيف يلتهم البلاديوم الكثير من الهيدروجين. في تعديل طفيف لعمل فليشمان وبونز (وإن لم يقدما التفسير، بل قدمه علماء آخرون)، اعتقد بعض العلماء أنَّ هناك شيئًا مسليًا يجري في تجارب مياه البلاديوم الثقيلة. تظهر فقاعات غريبة في المعدن، وذراته تعيد ترتيب نفسها

بطرق جديدة، أو ربما حتى تظهر بعض القوى النووية الضعيفة. أما بالنسبة لفليشمان وبونز رائديْ هذا العمل فلم يتحقق لهما ما أراداه، أو ما يريدانه، فقد سقطا من تاريخ العلوم.

ليس كل عالم مصاب بلمسة جنون ينتهي غرقًا في العلم المرضيِّ. بطبيعة الحال، البعض - من أمثال كروكس - ذهب للقيام بجهد كبير. وهناك حالات نادرة حيث يبدو العلم المرضيُّ في الظاهر وكأنه مقبول. حاول فيلهلم رونتغن إثبات خطئه فيما كان يسعى لاكتشاف جذريٍّ عن أشعة غير مرئية، لكنه لم يستطع. وبسبب إصراره والتزامه بالمنهج العلميِّ، استطاع هذا العالم فعلاً أنْ يعيد كتابة التاريخ.

في نوفمبر عام 1895، كان رونتغن يعمل في مختبره في وسط ألمانيا مع أنبوب كروكس؛ أداة جديدة ومهمة لدراسة الظواهر دون الذرية. سُمي تيمنًا بمخترعه الذي

تعرفتَ عليه سابقًا، ويتألف أنبوب كروكس من لمبة زجاجية مفرغة مع اثنتين من الصفائح المعدنية داخل كل نهاية. إطلاق التيار بين الصفائح المعدنية سبب شعاعًا يقفز عبر الفراغ، وفرقعة من الضوء وكأنه شيء من مختبر المؤثرات الخاصة. العلماء يعرفون الآن أن ذلك الشعاع من الإلكترونات. ولكن، في عام 1895، رونتغن وغيره كانوا يحاولون معرفة ذلك.

وجد زميل لرونتغن أنه عندما صنع أنبوب كروكس ذا الفتحة الرقيقة الصغيرة من القصدير (وهو ما يذكرنا بفتحة (نافذة) التيتانيوم لبير إنجفار برونمارك التي التحمتْ في وقت لاحق على عظام الأرانب)، فإنَّ الشعاع خرج من خلال نفق القصدير في الهواء. اختفى سريعًا - كان الهواء قاتلاً للشعاع - ولكن يمكن أنْ يضيء شاشة فسفورية على بعد بضع بوصات. بتوتر قليل، أصر رونتغن على تكرار

تجارب زميله مهما كانت طفيفة، حتى إنه كون هذه التجهيزات بنفسه في عام 1895، ولكن مع بعض التعديلات. فبدلاً من ترك أنبوب كروكس مكشوفًا، كان يغطيه بورقة سوداء، حيث لا يخرج الشعاع إلاّ من خلال رقاقة القصدير. وبدلاً من المواد الكيميائية الفسفورية التي استخدمها زميله، صبغ الصفيحة المعدنية الخاصة به بمركب مضيء من الباريوم.

تختلف الروايات عما حدث تاليًا. بينما كان رونتغن يقوم ببعض الاختبارات، والتأكد من قفز شعاع له بين الصفائح بشكل صحيح، أثار شيء ما انتباهه. تقول معظم الروايات إنه كان قطعة من الورق المقوى المغلف مع الباريوم، التي وضعها داعمًا على طاولة قريبة. هناك روايات أخرى معاصرة تقول إنها كانت قطعة من الورق كان طالب قد صبغها بالباريوم؛ بغض النظر، فقد رسم الشعاع على الورقة

عشوائيًّا شكل الحرف A ãæS. أيًّا كان، فإن رونتغن - الذي كان مصابًا بعمى الألوان - شهد مجرد وثبة بيضاء على حافة الورقة في البداية؛ لكن في كل مرة يطلق فيها التيار، كانت صفيحة الباريوم (أو الحرف) تتوهج.

أثبت رونتغن أن الضوء لم يخرج من أنبوب كروكس المغطى بورقة سوداء. وحيث إنه كان يجلس في مختبر مظلم، فلا يمكن أنْ يكون البريق صادرًا من أشعة الشمس. لكنه كان يعرف أيضًا أنَّ أشعة كروكس لا يمكنها البقاء لفترة كافية في الهواء للقفز فوق قطعة صفيح أو حرف. اعترف في وقت لاحق أنه كان يعتقد أنه يهلوس؛ كان الأنبوب هو السبب الواضح، لكنه لم يكن يعلم شيئًا عن ماهية الشيء الذي يمكن أنْ ينفذ خلال الورقة السوداء المعتمة.

لذلك، ثبَّت الشاشة المغلفة بالباريوم، ووضع أقرب الأجسام التي كانت في متناول اليد، ككتاب مثلاً، بالقرب من أنبوب لمنع الشعاع من النفاذ. ولدهشته، ظهرت الخطوط العريضة لمفتاح استخدمه كعلامة على الشاشة. يمكنه أنْ يرى بطريقة أو بأخرى عبر الأشياء. حاول مع الأجسام في الصناديق الخشبية المغلقة ورأى من خلالها أيضًا. ولكن الحقيقة المخيفة حقًّا كانت لحظة السحر الأسود، عندما كان يمسك أحد المكونات من المعدن ورأى عظام يده. في تلك اللحظة، استبعد رونتغن أنْ يكون الأمر مجرد هلوسة، وشعر أنه قد أصيب بالجنون لا محالة!

قد نضحك اليوم من عمله في اكتشاف الأشعة السينية. ولكن، لاحظ موقفه الرائع هنا؛ فبدلاً من القفز إلى استنتاج مريح من أنه قد اكتشف شيئًا جديدًّا بشكل جذريٍّ، افترض رونتغن أنه ارتكب خطأ في مكان ما. مما أصابه بالحرج،

وعزم على إثبات خطئه. حبس نفسه في مختبره، وعزل نفسه لمدة سبعة أسابيع متواصلة في كهفه. تخلى عن مساعديه وأخذ وجباته على مضض، كان يبتلع طعامه ويهمهم أكثر من التحدث مع عائلته. على عكس كروكس، أو صيادي ميغالودون، أو بونز وفليشمان، جاهد رونتغن بشكل بطوليٍّ ليناسب النتائج التي توصل إليها في الفيزياء مع النتائج المعروفة وقتها؛ إنه لا يريد أن يكون ثوريًّا.

ومن المفارقات، على الرغم من أنه فعل كل شيء للالتفاف على العلم المرضيِّ، تظهر وثائق رونتغن أنه لا يمكن أنْ يتخلى عن فكرة أنه قد جُنَّ. وعلاوة على ذلك، همهماته ومزاجه غير المعهودة جعلت أشخاصًا آخرين يشككون في سلامة عقله، وكان يعرف هذا، حتى إنه قال لزوجته بيرثا مازحًا: «أنا أقوم بالعمل الذي من شأنه أن يجعل الناس يقولون: رونتغن قد جُن جنونه!». كان حينها

في الخمسين من عمره، ثم إنها بالتأكيد قد تساءلتْ عما أصابه!

لا تزال إضاءة أنبوب كروكس تصل إلى صفائح الباريوم في كل مرة، ليس مهمًّا عدم تصديقه. هكذا بدأ رونتغن بتوثيق هذه الظاهرة. مرة أخرى، على عكس الحالات الثلاث المرضية من قبل، رفض أيَّ آثار عابرة أو غير منتظمة، أو أي شيء يمكن أنْ يُعتبر غير موضوعيٍّ. سعى فقط إلى نتائج موضوعية، مثل صفائح التصوير المتقدمة. أخيرًا، بثقة أكثر قليلاً، أحضر بيرثا إلى المختبر في ظهيرة أحد الأيام وعرَّض يدها إلى أشعة أكس. عند رؤيتها عظامها، أصابتها الدهشة، وساورها هاجس أنها ربما ستموت قريبًا! ورفضت العودة إلى المختبر المسكون بعد ذلك، ولكن ردة فعلها أراحت رونتغن كثيرًا. ربما يكون الشيء الأكثر مودة

الذي قامت به بيرثا من أجله هو أنها أثبتت له أنه لم يكن يتخيل كل شيء.

عند تلك النقطة، ظهر رونتغن - الصقر - من مختبره، وأبلغ زملاءه في جميع أنحاء أوروبا حول «أشعة رونتغن». وبطبيعة الحال، شكوا في الأمر؛ تمامًا كما فعلوا مع كروكس، والعلماء بعده؛ في مسألة ميغالودون والاندماج البارد. لكن رونتغن كان صبورًا ومتواضعًا، وفي كل مرة كان شخص ما فيها يعترض، كان يرد بالقول إنه بالفعل تحقق من هذه الإمكانية، حتى إنّه فنَّد جميع اعتراضات زملائه. هنا يكمن الجانب رفيع مستوى من الحكايات القاسية عادة عن العلم المرضيِّ.



الأشعة السينية الأولية كشفت عظام بيرثا، زوجة فيلهلم رونتغن وخاتمها الرائع. شعر ويلهلم بالارتياح - فقد كان يخشى أنَّ الجنون قد أصابه - عندما رأى عظام يد زوجته أيضًا على الصفيحة المغلفة بالباريوم. أما هي فكانت أقل تفاؤلاً، واعتقدت أن ذلك نذير الموت.

يمكن للعلماء أن يكونوا قساة مع الأفكار الجديدة. يمكن للمرء أنْ يتصورهم متسائلين: «ما سر هذا النوع من الأشعة

التي يمكن أنْ تتسلل بخفاء من خلال ورقة ويلهلم السوداء، وتضيء العظام في الجسم؟». ولكن، عندما واجههم بأدلة دامغة، وتجارب متكررة، أطاح بمعظم أفكارهم القديمة، وأحبوا أفكاره. على الرغم من كونه يعمل معلمًا متوسط الحال طوال حياته، أصبح رونتغن بطل كل العلماء. في عام 1901، حصل على جائزة نوبل الافتتاحية في الفيزياء. بعد عقدين من الزمن، استخدم فيزيائيٌّ يدعى هنري موزلي قاعدة إعداد الأشعة السينية نفسها؛ ليحدث ثورة في دراسة الجدول الدوريِّ. والناس لا يزالون مرحبين حتى بعد قرن من الزمن، ونحن في عام 2004، بأنَّ أطول أسم عنصر في الجدول الدوريِّ في ذلك الوقت، رقم (111)، الذي كان يسمى لفترة طويلة unununium، أصبح يسمى الروينتجينيوم.

القسم الخامس:
علم العنصر اليوم وغدًا

الفصل السادس عشر:

طريق الكيمياء، طريق تحت الصفر

Rb 37 85.468	Nd 60 144.242	Ar 18 39.948	Sn 50 118.711

إنَّ عظمة رونتغن لم تقتصر فقط على تقديمه مثالاً عن العلم الدقيق ببراعة، بل إنَّ عمله ذكَّر العلماء بأنَّ الجدول الدوريَّ لا يخلو من المفاجآت. وأنَّ هناك دائمًا - وحتى يومنا هذا - شيئًا جديدًا يمكن أنْ يُكتَشف عن العناصر. ولكن، مع معظم الانتقاء السهل الذي حدث بالفعل في وقت رونتغن، فإنَّ الاكتشافات الجديدة ملزمة باتخاذ تدابير جذرية. كان على العلماء اختبار العناصر تحت ظروف قاسية، خصوصًا البرد القارس الذي يجعل العناصر في

سلوكيات غريبة. البرد القارس ليس صديقًا جيدًا للبشر ولا يعينهم على التوصل للاكتشافات أيضًا. كان ورثة لويس وكلارك المتأخرون قد استكشفوا الكثير من القارة القطبية الجنوبية في عام 1911، في حين لم يصل أحد من قبل إلى مركز القطب الجنوبي. أدى هذا حتمًا إلى سباق ملحميٍّ بين المستكشفين للوصول إلى هناك أولاً؛ مما أثار تحذيرات متشائمة حول ما يمكن أن تتعرض له الكيمياء في درجات الحرارة الدنيا.

كان ذلك العام باردًا حتى بمقاييس المنطقة القطبية الجنوبية، ولكن فرقة من رجال إنجليز شاحبي الوجوه بقيادة روبرت فالكون سكوت قررت مع ذلك أنهم سيكونون أول من يصل إلى المنطقة الواقعة على درجة تسعين جنوبًا؛ فجهزوا كلابهم واللوازم الأخرى، وانطلقت القافلة في شهر نوفمبر. الكثير من أفراد القافلة كانوا عبارة عن فريق للدعم، وقد

خبأوا بذكاء بعض المواد الغذائية والوقود في مخابئ في طريقهم؛ حيث يمكن للفريق النهائيِّ الصغير المندفع إلى مركز القطب أنْ يعثر عليها في طريق العودة.

شيئًا فشيئًا، توقف أكثر أعضاء القافلة عن متابعة المسير، وأخيرًا، وبعد الزحف طويلاً لعدة أشهر مشيًا على الأقدام، وصل خمسة رجال، بقيادة سكوت، إلى القطب في يناير 1912 ليُفاجأوا بوجود خيمة صغيرة بنيّة وعلم نرويجيٍّ، ورسالة ودية مستفزة؛ كان سكوت قد خسر لصالح روال أموندسن الذي كان قد وصل مع فريقه في الشهر السابق. سجل سكوت هذه اللحظة باقتضاب في مذكراته: «إنَّ الأسوأ قد حدث، يجب على جميع أحلام اليقظة أنْ تذهب». وبعدها قال: «يا إلهي! هذا المكان فظيع. والآن

من أجل العودة للوطن وبنضال يائس، أتساءل إذا كان باستطاعتنا فعل ذلك؟».

كان سكوت مكتئبًا وكذلك رجاله، والآن أصبحتْ رحلة عودتهم أصعب على أيِّ حال، ولكن القارة القطبية الجنوبية فعلتْ كل ما في وسعها لمضايقتهم، وكأنها تعاقبهم على محاولتهم الفاشلة. ظلوا محاصرين لعدة أسابيع وسط الرياح الموسمية والعواصف الثلجية، وأظهرت دفاترهم (التي عُثر عليها لاحقًا) أنهم واجهوا الموت جوعًا، والإسقربوط، والجفاف، وانخفاض حرارة الجسم، والغرغرينا. وكان الأكثر تدميرًا هو عدم وجود وقود للتدفئة. كان سكوت قد رحل عبر القطب الشماليِّ في العام الماضي، ووجد أنَّ الكيروسين كان يتسرب بشدة من خلال الأختام الجلدية في أسطوانات الكيروسين. كان يخسر بشكل روتينيٍّ نصفَ الوقود.

في رحلته إلى القطب الجنوبيِّ جرَّب فريقه لحام القصدير المقوى والقصدير النقيِّ. ولكن، عندما رجع الرجال المنهكون إلى الأسطوانات التي تنتظرهم في رحلة العودة، وجدوا أنَّ العديد منها فارغة. وفي ضربة مزدوجة، كان الوقود قد تسرب في أغلبه على المواد الغذائية!

بدون الكيروسين، لم يتمكن الرجال من طهي الطعام أو إذابة الجليد للشرب. مرض واحد منهم وتوفي، وأصيب آخر بلوثة جنون وهام على وجهه في الصقيع. الثلاثة الآخرون، بمن فيهم سكوت، واصلوا السير، حتى ثبت موتهم نتيجة التعرض للصقيع في أواخر مارس عام 1912؛ على بُعد أحد عشر ميلاً من القاعدة البريطانية، حيث فقدوا القدرة على الاستمرار في الليالي الأخيرة.

في تلك الآونة، كان سكوت يتمتع بشعبية كبيرة مثل نيل أرمسترونغ؛ ولذا تلقى البريطانيون أخبار محنته بصدمة. إحدى الكنائس قامت بطلاء نوافذها بلون قاتم حدادًا عليه في عام 1915. ونتيجة لذلك، سعى الناس دائمًا لإيجاد أعذار له، وألقوا بكل اللوم على عنصر الجدول الدوريِّ الشرير (القصدير)، والذي استخدمه سكوت كلحام؛ وهو معدن ثمين منذ العصور القديمة لأنه من السهل جدًّا تشكيله. ومن المفارقات، أنَّ هذا العنصر الثمين عندما يقوم اختصاصيو المعادن بتنقيته وتطهيره، يصبح أسوأ للاستخدام اليوميِّ. عندما يصبح القصدير النقيُّ - أو القطع النقدية من القصدير أو ألعاب القصدير - باردًا، يبدأ صدأ بلون أبيض بالتراكم عليه كما يفعل الصقيع على النافذة في فصل الشتاء؛ ينتشر الصدأ الأبيض في بثرات تُضعف القصدير، إلى أنْ يتداعى ويتآكل كليًّا.

على عكس صدأ الحديد، لم يكن هذا تفاعلاً كيميائيًّا - كما يعرف العلماء الآن - فهذا يحدث لأنَّ ذرات القصدير يمكنها ترتيب نفسها داخل الصلب بطريقتين مختلفتين. عندما تكون باردة، فإنها تتحول من شكل «بيتا» القويِّ إلى شكل «ألفا» المتفتّت المسحوق. لتصوُّر الفرق، تخيل ذراتٍ متراصة مثل حبات البرتقال في قفص ضخم. أسفل القفص، تصطف طبقة واحدة من الأشكال الكروية يمس بعضها بعضًا بشكل طفيف. لملء الطبقات الثانية والثالثة والرابعة، تتوازن كل ذرة بالضبط على رأس واحدة من الطبقة الأولى. هذا نموذج واحد، أو ما يسمى بالتركيب البلوريِّ. أو يمكنك أنْ تضع الطبقة الثانية من الذرات في المسافات بين ذرات الطبقة الأولى، ثم الطبقة الثالثة في المسافات بين ذرات الطبقة الثانية، وهلم جرًّا. هذا يجعل التركيب البلوريّ الثاني

بكثافة مختلفة وخصائص مختلفة. هاتان الطريقتان اثنتان من طرق عديدة لتجميع الذرات معًا.

ربما وجد رجال سكوت أنَّ أصعب طريقة هي أنْ تتحول ذرات العنصر تلقائيًّا من التركيب البلوريِّ الضعيف إلى التركيب القويِّ، أو العكس. وعادة، تتطلب ظروفًا قاسية لتعزيز إعادة الترتيب؛ مثل الحرارة الجوفية والضغط الذي بدوره يحول الكربون من الجرافيت إلى الألماس. يصبح القصدير قابلاً للتغير في درجة حرارة 56 فهرنهايت. حتى إن الجو الألطف في مساء أكتوبر يمكنه المساعدة في نشر البثرات وزيادتها وتسلل الصقيع، وتسرع درجات الحرارة المنخفضة هذه العملية. أيٌّ سوء استخدام أو تشوُّه (مثل الخدوش في الأسطوانات التي تحدث عند إلقائها على الجليد) يمكن أنْ يحفِّز ردَّ الفعل أيضًا، حتى في القصدير الذي يعتبر مأمونًا على نحو مختلف؛ فيحدث خلل

موضعيٌّ، عبارة عن ندبة على السطح. هذه الحالة تسمى أحيانًا بجذام القصدير؛ لأنه يحفر عميقًا في الداخل مثل المرض، تحول ألفا بيتا يطلق الطاقة بما يكفي لإصدار صوت مسموع بوضوح - يسمى مجازًا صياح القصدير - على الرغم من أنه يشبه التشويش الناتج عن الاستيريو.

لقد كان تحول ألفا بيتا القصدير كبش فداء مريح على مر تاريخ الكيمياء. فهناك مدن أوروبية مختلفة ذات شتاء قارس (على سبيل المثال، سانت بطرسبورغ) لديها أساطير حول أنابيب قصدير غالية على آلة أرغن جديدة مثلاً انفجرت وتحولت إلى رماد عندما لمس عازف الكنيسة أول مفتاح فيه (بعض الأشخاص الأتقياء كانوا أكثر ميلاً لإلقاء اللوم على الشيطان). في أكثر الوقائع التاريخية ذات الصلة، يذكر التاريخ أنه عندما هاجم نابليون - بغباء - روسيا خلال فصل الشتاء عام 1812، تصدعتْ أزرار

القصدير على سترات رجاله كما قيل (يختلف العديد من المؤرخين في ذلك)، وتركتْ ملابس الفرنسيين الداخلية عرضة لتهب عليها الرياح. وفي ظروف رهيبة تشبه إلى حد ما الظروف التي تواجهها فرقة سكوت، واجَه الجيش الفرنسيُّ صعوبات عديدة في روسيا على أيِّ حال. ولكن طرق العنصر خمسين المتقلبة ربما جعلت الأمور أكثر صرامة، وأثبتت الكيمياء المحايدة شيئًا أسهل من إلقاء اللوم[168] على بطل سيئ الحظ.

لا شكَّ أنَّ رجال سكوت وجدوا الأسطوانات فارغة - وهذا وارد في مذكراته - ولكن كون تفكُّك لحام القصدير هو المتسبب في التسرب محل شك. جذام القصدير له معنى كبير، ولكن اكتشاف أسطوانات الفرق الأخرى بعد عقود أظهر أنها ظلت مغلقة باللحام. استخدم سكوت القصدير

النقيَّ. وعلى الرغم من أنه نقيٌّ بما يكفي لينشر الجذام، إلا أنه حتى الآن ليس هناك أيٌّ تفسير جيد آخر إلى جانب التخريب، وليس هناك دليل على وجود مؤامرة. بغض النظر، هلكت فرقة سكوت الصغيرة على الجليد، كانوا ضحايا على الأقل بسبب عنصر في الجدول الدوريِّ.

هناك أشياء غريبة تحدث عندما يكون الطقس باردًا جدًّا ويتحول من حالة إلى أخرى. تلاميذ المدارس تعلموا فقط عن ثلاث حالات للتغير بين المواد الصلبة والسائلة والغازية. معلمو المدارس الثانوية في كثير من الأحيان يتحدثون عن الحالة الرابعة، البلازما، وهي الحالة الساخنة جدًّا في النجوم التي تنفصل فيها الإلكترونات من الروابط النووية بعيدًا عنها [169]. في الكلية، يتعلم الطلاب مواضيع الموصلات الفائقة والميوعة الفائقة في الهيليوم. في كلية الدراسات العليا يحدث الأساتذة الطلاب أحيانًا عن حالات

مثل بلازما كوارك غلوون (الحساء الكونيّ) أو المادة المتحللة. وعلى طول الطريق، عدد قليل من الحاذقين يسألون دائمًا: لماذا لا تكون حالة الجيلي حالة خاصة؟ (الجواب هو أنَّ المواد الغروانية مثل الجيلي مزيج من حالتين[170]. الماء وخليط الجيلاتين يمكن أن يكونا إمّا مادة صلبة مرنة للغاية، أو سائلاً بطيئًا جدًّا).

النقطة الأساسية هي أنَّ الكون يمكن أنْ يستوعب أكثر بكثير من حالات المادة - ترتيب مختلف من الجسيمات الدقيقة - من الفئات الاعتيادية: الصلبة والسائلة والغازية. هذه الحالات الجديدة ليست هجينة مثل الجيلي. في بعض الحالات، ينهار التمييز الكبير بين الكتلة والطاقة. كشف ألبرت أينشتاين إحدى هذه الحالات بينما كان يعمل مع عدد قليل من معادلات ميكانيكا الكم في عام 1924، ثم رفضا

حساباته وتتصَّل من اكتشاف النظرية بصفتها غريبة جدًّا في الوجود ولم تحدث من قبل. بقيت النظرية مستحيلة بالنسبة للجميع، حتى قام بها شخص في عام 1995.

في بعض النواحي، المواد الصلبة هي الحالة الأساسية الأكثر وجوداً للمادة. (ولكي تكون دقيقًا، إنَّ الغالبية العظمى من كل ذرة تبقى فارغة، ولكن الإلكترونات فائقة السرعة توهم حواسنا باستمرار صلابة الذرات). في المواد الصلبة، تصطف الذرات في ترتيب متكرر ثلاثيِّ الأبعاد؛ على الرغم من أنَّ معظم المواد الصلبة العادية يمكنها أنْ تشكل عادة أكثر من نوع واحد من البلورات. يمكن للعلماء الآن صنع الجليد في أربعة عشر شكلاً من البلورات الواضحة باستخدام الحجر ذي الضغط العالي. بعض الجليد يغرق بدلاً من أنْ يطفو فوق الماء، وغيره لا يتشكل بشكل سداسيّ الأضلاع، ولكن بأشكال تشبه سعف النخيل أو رؤوس القرنبيط. أحد

الأشكال الغريبة من الجليد يسمى جليد أكس، وهو لا يذوب حتى يصل إلى درجة حرارة 3.700 فهرنهايت. حتى إن المواد الكيميائية غير النقية والمعقدة يمكنها أن تحول الأشكال؛ مثل شكل الشوكولاته شبه البلورية. هل سبق لك من قبل أنْ فتحت شكولاتة هيرشي ووجدت أنها غير شهية؟ يمكن أنْ نسمي ذلك جذام الشوكولاتة، والناجم عن تحولات ألفا بيتا نفسها التي قضى سكوت نحبه بسببها في القطب الجنوبيِّ.

المواد الصلبة البلورية هي الشكل الأكثر جاهزية في درجات الحرارة المنخفضة. واعتمادًا على كيفية انخفاض درجة الحرارة التي حصلتْ عليها، يمكن للعناصر التي تعتقد أنك تعرفها أنْ تصبح غير مألوفة لديك. حتى إن الغازات النبيلة المنعزلة، عندما تُجبَر على التشكل بشكل صلب، تقرر أنْ تكو

ن جنبًا إلى جنب مع عناصر أخرى؛ إنها ليست فكرة سيئة. في انتهاك للمبدأ السائد على مدى عقود من الزمن، كوَّن الكيميائيُّ المقيم في كندا نيل بارتليت أول مركب كيميائيٍّ للغازات النبيلة؛ بلّورًا برتقاليًا صلبًا، مع الزينون في عام 1962[171]. باعتراف الجميع، تم هذا في مكان في درجة حرارة الغرفة، ولكن فقط مع سداسي فلوريد البلاتين، وهي مادة كيميائية كاوية تشبه الحمض الفائق تقريبًا.

بالإضافة إلى أن الزينون - أكبر غاز خامل مستقر - يتفاعل بسهولة أكبر بكثير من غيره؛ لأن إلكتروناته تفكك الروابط فقط مع نواتها. للحصول على غازات نبيلة أصغر وأقرب للتفاعل، كان على الكيميائيين أنْ يخفضوا درجة الحرارة بشكل كبير؛ مما أصابهم بالخدر. يوضع الكريبتون في تفاعل جيد حتى درجة أقل من 240 فهرنهايت تحت

الصفر تقريبًا، وعند هذه النقطة يمكن لغاز الفلور فائق التفاعل أنْ يتفاعل معه.

الحصول على تفاعل الكريبتون - رغم ذلك - كان مثل خلط بيكربونات الصوديوم والخل؛ مقارنة مع الجهد من أجل وضع شيء في الأرجون. بعد زينون بارتليت الصلب في عام 1962، وأول كريبتون صلب في عام 1963، استغرق الأمر سبعة وثلاثين عامًا محبطة حتى تمكَّن علماء فنلنديون أخيرًا من وضع الإجراء المناسب للأرجون في عام 2000. لقد كانت تجربة دقيقة بدقة بيضة فابرجي[172] i تتطلب لحدوث التفاعل الأرجون الصلب، وغاز الهيدروجين، وغاز الفلور، ومركب مستهل شديد التفاعل، ويوديد السيزيوم، ورشقات من الأشعة فوق البنفسجية في توقيت جيد؛ كلها تكون في درجة متجمدة 445 فهرنهايت تحت الصفر. عندما تكون أكثر دفئًا بقليل ينهار مركب الأرجون.

ومع ذلك، تحت درجة الحرارة هذه كان فلوروهيدريد الأرجون بلورة دائمة. أعلن العلماء الفنلنديون عن هذا الإنجاز في ورقة مع عنوان سهل وممتع للعمل العلميِّ «مركب الأرجون المستقر». مجرد إعلانهم عمّا قاموا به كان تباهيًا بما فيه الكفاية. العلماء واثقون أنه حتى في المناطق الأكثر برودة من الفضاء، الهيليوم الصغير والنيون لا يرتبطان مع عنصر آخر. حتى الآن، يرتدي الأرجون حزام اللقب؛ كأصعب عنصر وحيد أجبره البشر للدخول في مركب.

بالنظر إلى صعوبة تغيير الأرجون بسبب خصائصه، فإنَّ تشكيل مركب الأرجون كان يُعد إنجازًا كبيرًا. لا يزال العلماء لا يعتبرون الغازات النبيلة - أو حتى تحولات ألفا بيتا في القصدير - مركبات، بل حالات مختلفة حقًّا من المادة. الحالات المختلفة تتطلب طاقات مختلفة بشكل

ملحوظ تتفاعل فيها الذرات بطرق مختلفة بشكل ملحوظ. هذا يفسر سبب كون الذرات (في الغالب) ثابتة في مكانها في المواد الصلبة، في حين تتحرك الجزيئات حول بعضها بعضًا في السوائل والغازات؛ بحيث تكون الجزيئات حرة في الحركة والارتطام ببعضها، لذا فهي حالات متميزة من المادة.

لا تزال المواد الصلبة والسوائل والغازات لديها الكثير من القواسم المشتركة، منها أنَّ جزيئاتها واضحة المعالم ومنفصلة. ولكن هذه السيادة تعطي فرصة لظهور الفوضى عند تسخين الأشياء إلى حالة البلازما وتبدأ الذرات في التفكك، أو عند تهدئة الأشياء بما فيه الكفاية تظهر الحالات الجماعية للمادة؛ حيث تبدأ الجزيئات بالتداخل والتجمع بطرق رائعة.

خذ مثلاً الموصلات الفائقة؛ تتكون الكهرباء من تدفُّق سهل من الإلكترونات في الدائرة. داخل الأسلاك النحاسية تتدفق الإلكترونات بين ذرات النحاس وحولها، ويفقد السلك الطاقة في شكل حرارة عندما تصطدم الإلكترونات في الذرات. من الواضح، أنَّ شيئًا ما يمنع تلك العملية في الموصلات الفائقة، حيث إنَّ الإلكترونات تتدفق من خلالها بلا توقف. في الواقع، التيار يمكن أنْ يتدفق إلى الأبد ويصبح موصلاً جيدًا للكهرباء ما دام بقى باردًا، الخاصية التي اكتشفت لأول مرة في الزئبق في درجة حرارة 450 فهرنهايت تحت الصفر في عام 1911.

لعقود من الزمان، اعتقد معظم العلماء ببساطة أنَّ لدى إلكترونات الموصلات الفائقة مساحةً أكبر للمناورة؛ الذرات في الموصلات الفائقة لديها طاقة أقل بكثير لتهتز ذهابًا وإيابًا، وإعطاء الإلكترونات مساحة أوسع لتتفلت وتتجنب

الارتطام. هذا التفسير صحيحٌ إلى حد ما. ولكن في الحقيقة، توصَّل ثلاثة علماء في عام 1957 إلى أنَّ الإلكترونات نفسها تتحور في درجات حرارة منخفضة.

عند الحركة السريعة بجانب الذرات في الموصلات الفائقة ترتبط الإلكترونات بنوى الذرات. النوى موجبة الشحنة تتحرف قليلاً تجاه الإلكترونات، وهذا يُبقي الشحنة الموجبة أعلى كثافة. الشحنة ذات الكثافة العالية تجذب الإلكترونات الأخرى التي - بمعنى ما - أصبحت مقترنة بالإلكترونات الأولى. إنه ليس ترابطًا قويًّا بين الإلكترونات بقدْر ما هو ترابط ضعيف بين الأرجون والفلور؛ لهذا السبب يظهر هذا الاقتران عند درجات الحرارة المنخفضة فقط، عندما لا تهتز الذرات كثيرًا وتتفكك الإلكترونات بعيدًا. في درجات الحرارة المنخفضة تلك لا يمكنك التفكير في الإلكترونات المعزولة؛ فهي ملتصقة معًا وتعمل في مجموعات. وخلال الدوائر

الخاصة بها، إذا التصق إلكترون واحد أو اصطدم داخل الذرة، فإن شركاءه يقومون بسحبه ليبطئ من سرعته. إنه مثل لعب كرة القدم قديمًا بدون التقيد بقواعد اللعبة، عندما يمسك اللاعبون - وهم لا يرتدون الخوذ - الكرة بأيديهم ويقتحمون الملعب، الإلكترون بتشكيلة الوتد. هذه الحالة المجهرية تتحول إلى الموصلية الفائقة عندما تفعل مليارات المليارات من أزواج الإلكترون معًا الشيء نفسه.

وبالمناسبة، هذا التفسير يُعرف بنظرية BCS من الموصلية الفائقة؛ وهي الأحرف الأولى من ألقاب الرجال الذين وضعوها: جون باردين، ليون كوبر (يسمى أزواج الإلكترون أزواج كوبر)، وروبرت شريفر [173] هذا هو جون باردين نفسه الذي شارك في اختراع ترانزستور الجرمانيوم، وفاز عنه بجائزة نوبل، وأسقط البيض المخفوق على الأرض عندما سمع بخبر فوزه. كرس باردين نفسه للموصلية الفائقة

بعد مغادرة مختبرات بيل في ولاية إيلينوي عام 1951؛ وتوصل الثلاثي إلى نظرية BCS الكاملة بعد ست سنوات. ثبتت النظرية بشكل جيد، وبشكل دقيق جدًّا، وتقاسموا جائزة نوبل في الفيزياء لعام 1972 لعملهم هذا. هذه المرة، أحيا باردين هذه المناسبة بعدم حضور مؤتمر صحافيٍّ في جامعته؛ لأنه لم يفلح في فتح باب مرأبه الكهربائي (الذي يعمل بطاقة الترانزستور). ولكن، عندما زار ستوكهولم للمرة الثانية، قدَّم اثنين من أبنائه الكبار لملك السويد، كما وعد في المرة الأولى أثناء الخمسينات أنه سيعود.

إذا تم تبريد العناصر إلى درجات حرارة أدنى من الموصلات الفائقة، فإنَّ الذرات تنحرف عن المسار، حيث تتداخل ويبتلع بعضها بعضًا؛ الحالة التي تُسمى خاصية الالتحام أو الالتصاق coherence. خاصية الالتحام أمرٌ حاسم لفهم حالة أينشتاين المستحيلة من المادة التي أشير

إليها في بداية هذا الفصل. يتطلب فهم الالتحام التفافًا قصيرًا من الأساليب المألوفة في طبيعة الضوء ابتكار آخر مستحيل، هو أشعة الليزر.

القليل من الأشياء تثير الحسَّ الجماليَّ الغريب لدى عالم فيزياء بقدر ما يثيره الغموض. هذا الاثنان يكونان في أمر واحد وهو الضوء. نحن نعتقد عادةً أنَّ الضوء موجات. في الواقع، وضع أينشتاين نظريته - نظرية النسبية - الخاصة بالتفكير في كيفية ظهور الكون له، وكيفية ظهور الفضاء، وكيفية مرور (أو عدم مرور) الوقت إذا ركب على السرج الجانبيِّ على واحدة من تلك الموجات؟ (لا تسألني كيف تخيل هذا!). وفي الوقت نفسه، أثبت أينشتاين (أنه في كل مكان في هذه المضمار) الضوء يتصرف أحيانًا مثل جسيمات تسمى الفوتونات. بالجمع بين الموجة ونظرة الجسيمات (التي تسمى ازدواجية الموجة والجسيم) استخلص

بشكل صحيح أنَّ الضوء ليس فقط أسرع شيء في الكون، بل إنه الشيء الأسرع الذي يمكنه الانتقال في 186.000 كيلومتر في الثانية الواحدة في الفراغ. سواء أكنتَ قد كشفت عن الضوء كموجة أو فوتونات - هذا يعتمد على كيفية قياسه - لأنَّ الضوء ليس هذا ولا ذاك.

وعلى الرغم من الجمال الصارم في الفراغ؛ إنَّ الضوء يتلف عندما يتفاعل مع بعض العناصر. الصوديوم والبراسيوديميوم يمكن أنْ يبطئا سرعة وصول الضوء إلى 6 أميال في الثانية الواحدة؛ أبطأ من الصوت. هذان العنصران يمكنهما حتى أنْ يمسكا الضوء لبضع ثوانٍ وكأنه كرة بيسبول، ثم يرميا به في اتجاه مختلف.

يتلاعب الليزر بالضوء بطرق أدق. تذكَّر أنَّ الإلكترونات مثل المصاعد: إنها لا ترتفع من مستوى 1 إلى مستوى 3.5، أو تنزل من مستوى 5 إلى مستوى 1.8.

الإلكترونات تقفز فقط بين مستويات كاملة العدد. عندما تهبط الإلكترونات المثارة نزولاً، فإنها تتخلى عن الطاقة الزائدة كضوء، لأنَّ حركة الإلكترون مقيدة جدًّا، كذلك لون الضوء الصادر أيضًا. إنه أحاديُّ اللون، على الأقل من الناحية النظرية. من الناحية العملية، الإلكترونات في الذرات المختلفة تهبط في وقت واحد من مستوى 3 إلى مستوى 1؛ أو من 4 إلى 2. وهكذا، كل هبوط مختلف يُصدِر لونًا مختلفًا. بالإضافة إلى ذلك، الذرات المختلفة تصدر الضوء في أوقات مختلفة. هذا الضوء يبدو لأعيننا موحدًا. ولكن على مستوى الفوتون، فهو غير متناسق ومختلط.

يلتف الليزر على مشكلة الوقت عن طريق الحد من الطوابق التي يتوقف عندها المصعد (كما يفعل قريبه، المايزر، والذي يعمل بالطريقة نفسها ولكن بإصدار ضوء غير مرئيٍّ). الليزر الأقوى أشعة، والأكثر إثارة للإعجاب

اليوم - القادر على إنتاج أشعة تستطيع في جزء من الثانية أنْ تنتج طاقة تكفي أكثر من كل الولايات المتحدة - يستخدم بلورات من الإيتريوم المضاف إليه النيوديميوم. داخل الليزر، يلتف المصباح الوميضي حول بلورات النيوديميوم والإيتريوم ويومض بسرعة بشكل لا يُصدق في كثافات عالية جدًّا. هذا التسريب من الضوء يثير الإلكترونات في النيوديميوم ويجعلها تقفز أعلى من المعتاد. للحفاظ على مشهد المصعد، قد تقفز إلى الطابق العاشر. في حالة من الاضطراب، تعود إلى الأسفل مرة أخرى طلبًا للسلامة، دعنا نقول: إلى الطابق الثاني. خلافًا للهبوط الطبيعي، وعلى الرغم من اضطراب الإلكترونات في الهبوط، لا تصدر طاقاتها الزائدة كضوء، بل كهزة تصدرها في شكل حرارة. أيضًا، بالارتياح لوجودها في الطابق الثاني

آمنةً، تخرج من المصعد بتباطؤ، ولا تكلِّف نفسها عناء التسرع للوصول إلى الطابق الأرضيِّ.

في الواقع، قبل أنْ تتمكن على عجل من النزول إلى أسفل، يضيء المصباح الوميضي مرة أخرى، وهذا يرسل إلكترونات النيوديميوم أكثر فتقفز إلى الطابق العاشر وتهبط سريعًا مرة أخرى. عندما يحدث هذا مرارًا وتكرارًا، يزدحم الطابق الثاني؛ عندما تكون هناك إلكترونات أكثر في الطابق الثاني من الطابق الأول، يحصل الليزر على «التوزيع المعكوس» æÃ «انقلاب التعداد» «population inversion». عند هذه النقطة، إذا قفزتْ أيٌّ من الإلكترونات المتباطئة إلى الطابق الأرضيِّ، فإنها تخل بالإلكترونات المجاورة لها غير المستقرة بالفعل والمزدحمة وتدفعها للسقوط من الشرفة، والتي بدورها تدفع الإلكترونات الأخرى باستمرار. لاحظ الجمال البسيط في هذا: عندما

تهبط إلكترونات النيوديميوم في هذا الوقت، فإنها جميعًا تهبط من الطابق الثاني إلى الطابق الأول في الوقت نفسه، وتنتج لون الضوء نفسه. هذا الالتحام coherence هو مفتاح الليزر. بقية أجهزة الليزر تزيل أشعة الضوء، وتشحذ الأشعة من خلال ارتدادها ذهابًا وإيابًا بين اثنتين من المرايا. ولكن، في تلك المرحلة، بلورات النيوديميوم والإيتريوم قامت بعملها لإنتاج الالتحام، والضوء المركز، والأشعة القوية التي يمكنها تحفيز الاندماج النوويِّ الحراريِّ، وحتى الآن يمكنها التركيز لنحت القرنية دون حرق بقية العين.

وبناء على ذلك الوصف التقنيِّ، قد يبدو الليزر تحديًا هندسيًّا أكثر من كونه معجزة علمية. ومع ذلك واجه الليزر - والمايزر قبله - أول تحيز علميٍّ حقيقيٍّ عندما طُورا في الخمسينيات. يتذكر تشارلز تاونز أنه حتى بعد بناء أول

مايزر، كان العلماء كبار السن ينظرون بضجر ويقولون: عفوًا تشارلز، هذا مستحيل! وأولئك لم يكونوا هواة، لكنهم رفضوه لضيق أفقهم الذي يفتقر إلى الخيال لرؤية الشيء الكبير المقبل. كلٌّ من جون فون نيومان الذي ساعد في تصميم الهندسة الأساسية لأجهزة الكمبيوتر الحديثة (والقنابل النووية الحديثة)، ونيلز بور الذي فعل الكثير لشرح ميكانيكا الكم مثل أيِّ شخص، رفضا مايزر تاونز صراحةً؛ لأنه ببساطة «غير ممكن».

رفضا كل من بور وفون نيومان ذلك لسبب بسيط، وهو أنهما غفلا عن ازدواجية الضوء. وبشكل أكثر تحديدًا؛ مبدأ الريبة الشهير في ميكانيكا الكم ضللهما؛ لأنَّ مبدأ الريبة لفيرنر هايزنبرغ من السهل جدًّا أنْ يُساء فهمه، ولكن عندما يُفهم من مرة واحدة يعتبر أداة قوية لصنع أشكال جديدة من المادة. الفقرات التالية سوف تحل قليلاً هذا اللغز عن الكون.

إذا كان شيء ما يدغدغ مشاعر الفيزيائيين مثل الطبيعة المزدوجة للضوء، فلا شيء يجعل الفيزيائيين يجفلون مثل سماع شخص ما يستفيض في مبدأ الريبة أو عدم التأكد في الحالات التي لا تنطبق. على الرغم مما قد سمعت، (تقريبا[174]) لا شيء يمكن أنْ تقوم به مع ملاحظين يغيرون الأشياء من مجرد أعمال الملاحظة فقط. يقول كل المبدأ، في مجمله:

$$\pi 4/h \leq p\Delta \times \Delta$$

ومعناه كما يلي:

الآن، إذا كنتَ تترجم ميكانيكا الكم إلى اللغة الإنجليزية (ودائمًا ما تكون محفوفة بالمخاطر)، تقول المعادلة إنَّ الريبة أو عدم التأكد في موقع شيء ما (Δ x) مضروب بالريبة في سرعته واتجاهه (زخم حركته، Δp) يتجاوز دائمًا أو مساوٍ لعدد «h مقسومًا على أربعة أضعاف الباي» (h

هو ثابت بلانك، والذي يمثل عددًا صغيرًا؛ حوالى 100 تريليون تريليون مرة أصغر من الواحد، الذي يجعل مبدأ الريبة ينطبق على الأشياء الصغيرة مثل: الإلكترونات أو الفوتونات). بعبارة أخرى: إذا كنتَ تعرف موقع جسيم بشكل جيد للغاية، فلا يمكنك معرفة زخمه جيدًا على الإطلاق، والعكس بالعكس.

لاحِظْ أنَّ مبدأ الريبة لا يعني الريبة حول قياس الأشياء؛ كما لو كانت لديك مسطرة سيئة؛ إنها الريبة أو عدم التأكد من صلب الطبيعة نفسها. تذكر كيف تكون للضوء طبيعة قابلة للانعكاس، جزء موجة، وجزء جسيم. بعد رفض الليزر، فُتن بور وفون نيومان بطرق عمل الضوء مثل الجسيمات، أو الفوتونات. وبدا صوت الليزر في آذانهما دقيقًا جدًّا ومركزًا؛ وهذا دليل على أنَّ الريبة في موقع الفوتونات قد تكون صفرًا. وهو ما يعني أنَّ حالة الريبة في الزخم كانت

كبيرة. وبالتالي، الفوتونات التي يبدو أنها تتعارض مع فكرة وجود شعاع مركز بإحكام يمكن أنْ تحلق بأيٍّ طاقة أو في أيٍّ اتجاه.

لقد نسيا كذلك أنَّ الضوء يتصرف مثل الموجات، وأنَّ قوانين الموجات مختلفة، ومنها: كيف يمكنك أن تحدد مكان الموجة؟ إنها تنتشر بحكم طبيعتها، وهذا مصدر صفة الريبة. وعلى العكس من الجسيمات، يمكن للموجات ابتلاع موجات أخرى والاندماج معها. إذا ألقيتَ صخرتين في بركة فستثير أعلى القمم في المنطقة الواقعة بينهما، التي تتلقى طاقة من موجات أصغر على الجانبين.

في حالة الليزر، ليست هناك صخرتان فقط، ولكن تريليون التريليون من «الصخور» (أيْ، الإلكترونات) التي

تصدر موجات الضوء، والتي تمتزج معًا. النقطة الأساسية هي أنَّ مبدأ الريبة لا يُطبق على مجموعات الجسيمات، بل على الجسيمات الفردية فقط. ضمن الشعاع، توجد مجموعة من جسيمات الضوء، لذلك من المستحيل القول أين يقع أيٌّ فوتون تحديدًا. ومع مثل هذه الريبة العالية حول موقع كل فوتون داخل الشعاع، يمكنك توجيه طاقته واتجاهه بدقة عالية للغاية وصُنع الليزر. هذه الثغرة من الصعب استغلالها، ولكنها قوية جدًّا في حال وضعتَ أصابعكَ عليها، وهذا هو السبب في تكريم مجلة تايم لتاونز بتسميته واحدًا من «رجال العام» (جنبًا إلى جنب مع بولينغ وسيغري) في عام 1960، وسبب فوز تاونز بجائزة نوبل في عام 1964 عن عمله على المايزر.

في الواقع، سرعان ما أدرك العلماء تناسُب أكثر بكثير في الثغرة من الفوتونات. مثل أنَّ أشعة الضوء لديها طبيعة

جسيم / موجة مزدوجة، كلما حفرتْ أكثر وحللت الإلكترونات والبروتونات وغيرها من الجسيمات الصلبة المفترضة بدتْ أكثر ضبابية. المادة في مستواها الأعمق الكميِّ أكثر غموضًا، فهي غير محددة وشبيهة بالموجة. ولأنها في العمق - يعتبر مبدأ الريبة بيانًا رياضيًّا حول محدودية رسم حدود حول الموجات - فإنَّ تلك الجسيمات أيضًا تقع تحت مظلة من الريبة.

الآن، مرة أخرى، يعمل هذا فقط على مقاييس دقيقة، والمقاييس حيث يكون h ثابت بلانك، العدد 100 تريليون تريليون مرة أصغر من الواحد، لا يعتبر صغيرًا. ما يحرج علماء الفيزياء هو عندما يستقرئ الناس ويخرجون على البشر بادعاء أنَّ $\Delta\times\Delta p \geq h/ 4\pi$ «يثبت» حقًّا أنه لا يمكنك ملاحظة أي شيء في العالم كل يوم دون تغييره، أو - بجرأة استكشافية - أنَّ الموضوعية في حد ذاتها عملية

احتيال، وأنَّ العلماء خدعوا أنفسهم باعتقاد أنهم «يعرفون» كل شيء. في الحقيقة، هناك حالة واحدة فقط، عندما تكون الريبة على المقياس الصغير فهي تؤثر على أيِّ شيء في المقياس الكبير: الحالة الغريبة الواعدة من المادة؛ مكثف بوز أينشتاين (BEC) الذي ذُكر في موضع سابق من هذا الفصل.

بدأتْ هذه القصة في وقت مبكر من العشرينيات، عندما وقع عالم الفيزياء الهندي ساتيندرا ناث بوز، الرجل المكتنز، الذي يضع نظارة طبية، في خطأ أثناء عمله على بعض معادلات ميكانيكا الكم، خلال تقديمه محاضرة. لقد كانت غلطة شنيعة من أستاذ جامعيٍّ، ولكن هذا الخطأ فتن بوز. لم يكن يدرك خطأه في البداية، وقام بكل شيء فقط ليثبت أنَّ الإجابات «الخاطئة» التي أنتجها خطؤه اتفقتْ بشكل

جيد جدًّا مع التجارب على خصائص الفوتونات؛ أفضل بكثير من النظرية «الصحيحة»[175].

ولذا، كما فعل الفيزيائيون على مر التاريخ، قرر بوز التظاهر بأنَّ خطأه كان حقيقة، واعترف أنه لا يعرف لماذا، وكتب ورقة. ولكن خطأه - بالإضافة إلى عدم المعرفة به بصفته هنديًّا - أدى إلى رفض كل المجلات العلمية في أوروبا نشرها. وبلا كلل أو ملل، أرسل بوز ورقته مباشرة إلى ألبرت أينشتاين. درسها أينشتاين عن كثب، وقرر أنَّ جواب بوز كان ذكيًّا، قال أساسًا إنَّ جسيمات معينة، مثل الفوتونات، يمكن أنْ تنهار فوق بعضها بعضًا؛ حتى إنه لا يمكن تمييزها. نقَّح أينشتاين الورقة قليلاً، وترجمها إلى الألمانية، ثم وسَّع عمل بوز إلى عمل آخر، في ورقة منفصلة تغطي ليس فقط الفوتونات ولكن الذرات كاملة. وبفضل شهرته، كانت لدى أينشتاين ورقتان نُشرتا باسميهما.

في الورقتين، أضاف أينشتاين بضعة أسطر لافتًا إلى أنه إذا أصبحت الذرات باردة بما يكفي - بلايين المرات أبرد من الموصلات الفائقة - فإنها سوف تتكثف وتكون حالة جديدة من المادة. ومع ذلك، إنَّ القدرة على إنتاج الذرات بهذه البرودة فاقت كل التكنولوجيا، وكان فهم هذا الاحتمال بعيدًا عن تفكير أينشتاين. واعتبر مكثفاته نوعًا من الفضول التافه. من المثير للدهشة أنَّ العلماء حصلوا على لمحة من مادة بوز أينشتاين بعد عقد تالٍ من الزمن، في نوع من الميوعة الفائقة في الهيليوم، عندما ارتبطت مجموعات صغيرة من الذرات بنفسها معًا. أزواج إلكترونات كوبر في الموصلات الفائقة تتصرف أيضًا مثل BEC بطريقة ما. ولكن هذا الربط معًا في الميوعة الفائقة والموصلات الفائقة كان محدودًا، ولكنه ليس على الإطلاق مثل الحالة التي تصورها أينشتاين، فقد كانت حالته باردة وسديمًا إلى حد ما.

بغض النظر، الهيليوم ورجال نظرية BCS لم يتابعوا افتراض أينشتاين، ولم يحدث شيء جديد مع BEC حتى عام 1995؛ عندما قام اثنان من العلماء النابغين في جامعة كولورادو باستحضار بعضها مع غاز من ذرات الروبيديوم.

كما ينبغي، كان الليزر أحد الإنجازات التقنية التي جعلت من BEC ممكن حقاً، كان الليزر إلى يستند إلى أفكار تبناها أول مرة بوز حول الفوتونات. ما قد يبدو عكسيًّا، أنَّ الليزر عادة يسخن الأشياء، لكن أشعة الليزر يمكن أنْ تبرِّد الذرات أيضًا إذا استُخدمت بشكل صحيح. على مستوى النانومتري الأساسيِّ، تقيس درجة الحرارة متوسط سرعة الجسيمات. الجسيمات الساخنة المثارة تتصادم، والجزيئات الباردة ترتبط. إذًا، فإن الوسيلة إلى تبريد أيِّ شيء هو تبطئه سرعة الجسيمات. في تبريد الليزر، أعاق العلماء عددًا قليلاً من الحزم الشبيهة بتلك التي في

فيلم «طاردي الأشباح» Ghostbusters، وخلقوا مصيدة «العجينة الضوئية» optical molasses، وعندما تتدفع ذرات الروبيديوم في الغاز من خلال العجينة، يقوم الليزر بتعريضها لفوتونات منخفضة الكثافة. كانت ذرات الروبيديوم أكبر وأكثر قوة، لذا كان هذا مثل إطلاق النار من مدفع رشاش على كويكب. مع التباين في الحجم على الرغم من ذلك، إطلاق النار على الكويكب بما يكفي من الرصاص سوف يوقفه في النهاية، وهذا هو بالضبط ما حدث لذرات الروبيديوم. بعد امتصاص الفوتونات من جميع الجهات، فإنها تتباطأ أكثر فأكثر، وتنخفض درجة حرارتها إلى 1/10.000 من الدرجة فوق الصفر المطلق.

ومع ذلك، حتى درجة الحرارة تلك لا تزال بعيدة جدًّا من الحرارة بالنسبة BEC (يمكنك الآن فهم سبب كون أينشتاين متشائمًا جدًّا). وبالتالي، إن ثنائي كولورادو، إريك كورنيل

وكارل وايمان، أدرجا - في مرحلة ثانية من التبريد - المغناطيسَ الذي يمتص مرارًا أكثر الذرات «حرارة» المتبقية في غاز الروبيديوم. هذا في الأساس وسيلة متطورة للنفخ في ملعقة الحساء، فهي تبرد الشيء عن طريق دفع الذرات الأكثر سخونة بعيدًا. مع ذهاب الذرات النشطة تنخفض الحرارة الشاملة. وعند القيام بذلك ببطء تذهب بضع ذرات حارة فقط في كل مرة بعيدًا. خفض العلماء درجة الحرارة إلى جزء من المليار (0.000000001) من الدرجة فوق الصفر المطلق. عند هذه النقطة، وأخيرًا، انهارتْ عينة من ألفي ذرة من الروبيديوم داخل مكثف بوز وأينشتاين، الكتلة الأكثر برودة، والأكثر لزوجة، والكتلة الأكثر هشاشة التي لم يعرفها العالم من قبل.

لكن القول «ألفي ذرة روبيديوم» يخفي ما هو خاصٌّ جدًّا حول BEC؛ فلم تعد هناك ألفا ذرة من الروبيديوم، بل

صارت ذرة واحدة عملاقة من الروبيديوم. إنها فريدة، وتفسر القول لماذا ترتبط بمبدأ الريبة. مرة أخرى، درجة الحرارة تقيس فقط متوسط سرعة الذرات. إذا انخفضتْ درجة حرارة الجسميات أدنى جزء من المليار من الدرجة، وهذا ليس سريعًا جدًّا على الإطلاق، فمعنى ذلك أنَّ الريبة بشأن تلك السرعة منخفضة بعبثية. إنها في الأساس صفر. وبسبب الطبيعة شبه الموجية من الذرات على هذا المستوى، فإنَّ الريبة حول موقعها يجب أنْ تكون كبيرة جدًّا.

كبيرة جدًّا! عندما كان العالمان يقومان بلا توقف بتبريد ذرات الروبيديوم وضغطها بعضها إلى بعض، بدأت الذرات تنتفخ، وتتمدد، وتتداخل، وتختفي في نهاية المطاف داخل بعضها بعضًا. هذا ترك وراءه «[illegible]» واحدة كبيرة من الناحية النظرية (لو لم تكن رقيقة جدًّا)، قد تكون واضحة بما يكفي لرؤيتها تحت المجهر. لهذا السبب يمكننا القول إنه في هذه

الحالة - على عكس أيِّ مكان آخر - إن مبدأ الريبة ينقض إلى الأعلى ويؤثر بشيء ما (تقريبًا) بحجم الإنسان. الأمر يستحق حوالى 100,000 دولار لشراء معدات وإنشاء هذه الحالة الجديدة من المادة، وتبقى BEC معًا لعشر ثوان فقط قبل الاحتراق. ولكنها بقيت لفترة طويلة بما فيه الكفاية لحصول كورنيل ووايمان على جائزة نوبل عام 2001[176].

كلما استمرت التكنولوجيا في التحسن، حصل العلماء على أفضل طرق تحفيز المادة لتشكيل BEC. في الواقع، لم يضطلع بها أيٌّ شخص حتى الآن، ولكن العلماء قد يكونون قادرين على بناء «مادة الليزر» التي تطلق الحزم شديدة التركيز من ذرات أقوى بآلاف المرات من ضوء أشعة الليزر، أو تكوين مكعبات الثلج ذات «الصلابة الفائقة» التي يمكن أنْ تتدفق من خلال بعضها بعضًا دون أنْ تفقد صلابتها. خيالنا العلميُّ يصور لنا أنه يمكن لهذه الأشياء

أنْ تثبت مثل روعة أشعة ضوء الليزر والميوعة الفائقة في وقت قريب.

الفصل السابع عشر:

كرات البريق: علم الفقاعات

Xe Zr Rn Rf Ca H

ليس أمرًا حتميًّا أنْ تخوض كل طفرة في علوم الجدول الدوريِّ في هذه الحالة الغريبة والمعقدة للمادة مثل BEC. السوائل المعتادة التي نستخدمها كل يوم، والمواد الصلبة، والغازات لا تزال تكشف عن أسرار جديدة بين الحين والآخر، ولا سيما إذا تحالَف الحظ السعيد مع التأمل العلميِّ السليم. وفي واحدة من الحوادث التي هي أقرب للخيال، اختُرعت واحدة من أهم قطع المعدات العلمية في التاريخ،

ليس فقط أثناء شرب كأس من البيرة، ولكن من خلال كأس البيرة.

كان دونالد غلاسر - وهو عالم مبتدئ في الخامسة والعشرين من العمر، وعضو في هيئة التدريس، وطموح، وذو شخصية ودودة، وقصير، وذو شعر مجعد، وعريض الجبين، ويضع نظارة - معتادًا على التردد على الحانات القريبة من جامعة ميتشيغان. في إحدى الليالي، بينما كان يحدق في كأسه استرعت انتباهه حركة فقاعات المشروب في كأس الجعة، وبدأ التفكير بشكل طبيعيٍّ في فيزياء الجسيمات. في ذلك الوقت، عام 1952، كان العلماء يستخدمون المعرفة المستمدة من مشروع مانهاتن والعلوم النووية لاستخلاص الأنواع الغريبة سريعة الزوال من الجسيمات، مثل: الكاونات kaons، والميونات muons؛ والبيونات pions، الجسيمات الشبحية القريبة للبروتونات،

والنيوترونات، والإلكترونات المألوفة. يشتبه علماء فيزياء الجسيمات - بل ويأملون - في أنْ تقلِب تلك الجزيئات الجدول الدوريَّ كخارطة أساسية للمادة، حيث إنها قادرة على الازدواج حتى أعمق كهوف الجسيمات دون الذرية.

ولكن، لتحقيق المزيد من التقدم، كانوا بحاجة إلى وسيلة أفضل «لرؤية» تلك الجسيمات متناهية الصغر وتتبُّع الكيفية التي تتصرَّف بها. بينما كان غلاسر يشرب كأس الجعة، قرَّر أنَّ الفقاعات كانت الجواب. تتشكل الفقاعات في السوائل بشكل مضطرب وغير منتظم. الخدوش المجهرية في كأس الشمبانيا أحد الأماكن التي تظهر فيها الفقاعات؛ المجموعات الصغيرة من ثاني أكسيد الكربون المذابة في البيرة مكان آخر. يعرف غلاسر كفيزيائيٍّ أنَّ الفقاعات خصوصًا عُرضة للتشكل عند تسخين السوائل، ووصولها

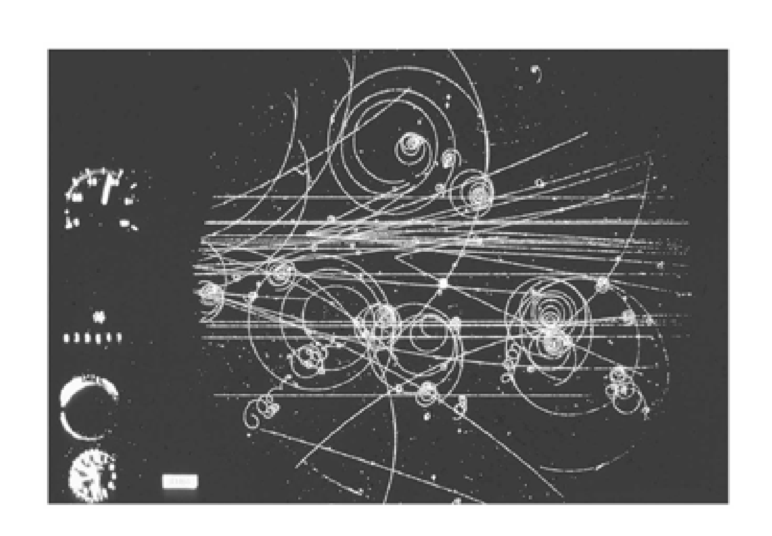
إلى درجة الغليان (تخيَّل وعاءً من الماء على الموقد) في الواقع. إذا أوقفتَ السائل قبل نقطة غليانه فسوف تبرز منه فجأة فقاعات إذا تعرض لأدنى إثارة من أي شيء.

كانت هذه بداية جيدة، ولكنها لا تزال فيزياء أولية. ما جعل نجم غلاسر يرتفع هو الخطوات العقلية التالية التي قام بها. تظهر هذه الكاونات، والميونات، والبيونات النادرة فقط عندما ينقسم مركز نواة الذرة الكثيف. في عام 1952، ظهر جهاز يسمى حجرة السحاب cloud chamber، فيه «قاذف» يطلق قذائف من ذرات نووية فائقة السرعة على ذرات الغاز الباردة. الميونات والكاونات وغيرها تظهر أحيانًا في الحجرة بعد الضربات المباشرة، والغاز المكثف في السائل يقطر على طول مسار الجسيمات. لكن غلاسر يعتقد أنَّ استبدال السائل بالغاز يجعله ذا معنى أكبر. السوائل أكثرُ كثافة بآلاف المرات من الغازات؛ لذلك

يستهدفها القاذف الذريُّ، والهيدروجين السائل يسبب تصادمًا أكثر بكثير. بالإضافة إلى ذلك، إذا كان الهيدروجين السائل قبل نقطة غليانه بمقدار ضئيل، فحتى ركلة طاقة صغيرة من الجسيم الشبح سوف تُحدث رغاوي الهيدروجين مثل بيرة غلاسر. يظن غلاسر أيضًا أنه يمكنه تصوير مسارات الفقاعات، ومن ثَم قياس كيف أنَّ الجسيمات المختلفة تركت مساراتٍ أو لولبياتٍ مختلفة؛ بناءً على حجمها وشحنتها... تقول القصة إنه مع ابتلاع آخر فقاعة في كأسه، كان غلاسر يعرف السر.

إنه اكتشاف الصدفة الذي طالما حلم به العلماء. ولكن الأمر لم يكن بهذه السهولة؛ فإنَّ حجرة الفقاعات لم تُخترع من خلال الرسم على منديل حانة، ولكن من خلال التجريب الدقيق في المختبر. لحسن الحظ، على الرغم من أنَّ الحقيقة ما تكون أحيانًا أغرب من الأسطورة، صمم غلاسر حجرة

الفقاعات للعمل كما هو موضح من قبل، ولكن مع تعديل



واحد.

اعتمادًا على حجمها وشحنتها، تقوم الجسيمات دون الذرية المختلفة بالحركة في مسارات أو لولبيات مختلفة عند انفجارها في حجرة الفقاعات. المسارات في الواقع تباعد بدقة الفقاعات في الحوض البارد للهيدروجين السائل. (بالإذن من المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية)

- الله وحده يعلم لماذا قرر هذا الشاب أنْ يستخدم البيرة - وليس الهيدروجين - كأفضل سائل لإطلاق القاذف الذري عليها، ربما كان ذلك بتأثير الحماسة التي تلازمهُ منذ

الدراسة الجامعية. كان يعتقد حقًّا أنَّ هذه البيرة ستؤدي إلى تحوُّل مصيريٍّ في علم الجسميات دون الذرية. يمكنك أنْ تتخيله وهو يهرِّب بيرة بدوايزر إلى المختبر ليلاً، وربما لم يفُتْه أنْ يتقاسم العلب الستَّ مع التجارب! كما أنه يملأ الأكواب بحجم (كستِبان) الخياط بأرقى أنواع البيرة الأميركية، يسخنها تقريبًا لدرجة الغليان، ويقصفها لإنتاج الجسيمات الأكثر غرابة التي عُرفت في الفيزياء.

للأسف، كما قال غلاسر في وقت لاحق: أخفقتْ تجارب البيرة. لم يقدِر شركاء المختبر على تحمُّل الرائحة الكريهة المنبعثة من البيرة المتبخرة. وبلا كلل، صقل غلاسر تجاربه، وحدد مع زميله لويس ألفاريز - صاحب النظرية الشهيرة عن الكويكبات التي أفْنت الديناصورات - في نهاية المطاف، السائل الأكثر منطقية لاستخدامه؛ وكان الهيدروجين.

يغلي الهيدروجين السائل في درجة حرارة 435 فهرنهايت تحت الصفر؛ لذلك حتى كميات ضئيلة من الحرارة تصنع الرغوة. باعتباره العنصر الأبسط، فإنَّ الهيدروجين أيضًا يتجنب التعقيدات المربكة من العناصر الأخرى (أو البيرة) التي قد تجعل الجسيمات تصطدم. جدد غلاسر «حجرة الفقاعات»، وقدَّم العديد من الأفكار بسرعة؛ حيث أصبح في عام 1960 واحدًا من ضمن خمسة عشر رجلاً كانوا «رجال العام» في مجلة تايم مع لينوس بولينغ، ووليام شوكلي، وإميليو سيغري. كما فاز بجائزة نوبل وهو شابٌّ في الثالثة والثلاثين من عمره، وانتقل إلى بيركلي في ذلك الحين، واستعار سترة إدوين ماكميلان وسيغري البيضاء لحضور الحفل.

عادة، لم يكن يُنظر إلى الفقاعات كأداة علمية أساسية؛ رغم - أو ربما بسبب - انتشارها في كل مكان في الطبيعة

وسهولة إنتاجها، ورُفضت كشيء عديم القيمة لعدة قرون. ولكن، عندما ظهرت الفيزياء كعلم مهيمن في بداية القرن العشرين، لجأ الفيزيائيون فجأة إلى الكثير من العمل مع هذه الأشياء عديمة القيمة للتحقق من أكثر الهياكل بدائية في الكون. والآن، علم الأحياء في تطور مستمر، وعلماء الأحياء يستخدمون الفقاعات لدراسة تطور الخلايا؛ الهياكل الأكثر تعقيدًا في الكون. لقد أثبتت الفقاعات أنها مختبرات طبيعية رائعة للتجارب في جميع المجالات، ويمكن قراءة التاريخ الحديث للعلوم بالتوازي مع دراسة «كرات البريق» هذه.

عنصر واحد هو الكالسيوم يمكنه تشكيل الفقاعات بسهولة، فضلاً عن الرغوة؛ وهي الحالة التي تتداخل فيها الفقاعات وتفقد كروية الشكل. تمثل الخلايا للأنسجة ما تمثله الفقاعات للرغوة، وأفضل مثال على هيكل رغوة في

الجسم (إلى جانب اللعاب) هو العظم الإسفنجيُّ. نحن نعتقد عادة أنَّ الرغاوي ليست أكثر ثباتًا من كريم الحلاقة، ولكن عندما تجف بعض المواد المليئة بالهواء أو تبرد، فإنها تتصلب وتشتد؛ مثل الأشكال العادية من رغوة صابون الحمام. تستخدم ناسا في الواقع رغاويَ خاصة لحماية مكوك الفضاء عند الدخول الجويِّ [177]، والعظام المخصبة بالكالسيوم قوية بالمثل مع أنها خفيفة. الأكثر من ذلك، قام النحاتون عبر آلاف السنين بنحت شواهد القبور، والمسلات، وتماثيل الأصنام من صخور الكالسيوم القويّة القابلة للتشكيل مثل الرخام والحجر الجيريّ. تتشكل هذه الصخور عندما تموت المخلوقات البحرية الصغيرة وتغرق قشرتها الغنية بالكالسيوم وتتراكم في قاع المحيط. كما في العظام، القشرة لديها مسام طبيعية، ولكن كيمياء الكالسيوم تعزز قوتها. معظم المياه الطبيعية، مثل مياه الأمطار، حامضية قليلاً،

في حين أنَّ معادن الكالسيوم قاعدية قليلاً. عندما تتسرب المياه إلى داخل مسام الكالسيوم، يتفاعل الاثنان مثل بركان صغير في مختبر مدرسيٍّ، ويُطلِقان كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون الذي يلين الصخور. على نطاق واسع في الجيولوجية، التفاعل بين مياه الأمطار والكالسيوم يشكل تجاويف ضخمة تُعرف بالكهوف.

وبعيدًا عن التشريح والفن، شكلتْ فقاعات الكالسيوم الاقتصاد وإمبراطوريات العالم. العديد من الخلجان الغنية بالكالسيوم على طول الساحل الجنوبيِّ لإنجلترا ليست طبيعية، ولكنها نشأتْ من محاجر الحجر الكلسيِّ حوال العام 55 قبل الميلاد؛ عندما وصل إليها الرومان المحبون للحجر الكلسيّ، حيث قام يوليوس قيصر بإرسال فرقة استكشاف رصدت الحجر الكلسيّ الجذاب ذا اللون الكريميّ

بالقرب من قرية بير في إنجلترا الآن، وبدأ تقطيعه لتزيين الواجهات الرومانية.

استُخدم الحجر الكلسيّ الإنجليزيّ المأخوذ من قرية بير في وقت لاحق لبناء قصر باكنغهام، وبرج لندن، وكنيسة وستمنستر، وخلَّف كل ذلك الحجر المأخوذ مغاراتٍ في المنحدرات الساحلية. بحلول عام 1800، عدد قليل من الفتيان المحليين الذين كانوا قد نشأوا بالقرب من السفن الشراعية، وقضوا أوقاتًا مرحة باللعب والاختباء في تلك المغارات قرروا العمل بالتهريب، واستخدام مغارات الكالسيوم لإخفاء شراب البراندي الفرنسي، والتبغ، والحرير، وغيرها من البضائع التي يقومون بتهريبها أثناء زيارات خاطفة للنورماندي في فرنسا.

ازدهر عمل المهربين (أو كما يسمون أنفسهم التجار الأحرار) لأن الحكومة الإنجليزية زادت الضرائب التي

تُفرض على البضائع الفرنسية لإغاظة نابليون. وندرة المواد الخاضعة للضريبة خلقت - لا محالة - فقاعة الطلب. من بين أمور أخرى كثيرة، فإن عدم قدرة خفر السواحل المكلفة من جلالة الملك على اتخاذ إجراءات صارمة ضد التهريب، أقنعت البرلمان لتحرير القوانين التجارية في الأربعينيات من القرن التاسع عشر؛ تلك القوانين التي أحدثت التجارة الحرة الحقيقية، ومعها الازدهار الاقتصاديّ الذي سمح لبريطانيا العظمى بتوسيع الإمبراطورية التي لا تغيب عنها الشمس.

بالنظر إلى كل هذا التاريخ، قد تتوقع تقليدًا طويلاً من علم الفقاعات، ولكن لا. العقول البارزة مثل بنيامين فرانكلين[178] (الذي اكتشف لماذا الزيت يهدئ رغوة الماء) وروبرت بويل [179] (الذي جرَّب تذوُّق رغوة البول في وعاء التبول الليليِّ وأعجبه ذلك) اشتغلا في الفقاعات. والفسيولوجية الأولية قامت أحيانًا بأشياء مثل فقاعات

الغازات في الدم داخل الكلاب نصف الحية ونصف المشرحة. ولكن العلماء تجاهلوا الفقاعات نفسها تقريبًا، بنيتها وشكلها، وتركوا دراسة الفقاعات لحقول يسخرون منها لكونها علومًا أدنى فكريًّا، ما يمكن أنْ يُطلَق عليها «العلوم البديهية». العلوم البديهية ليست علومًا مرضية، بل هي مجرد مجالات تشبه تربية الخيول أو تنسيق الحدائق التي تعيش على الظواهر الطبيعية، وهذه تعتمد على الحدس والتقاويم الزمنية أكثر من التجارب العلمية المحكمة. العلم البديهيُّ الأول الذي انتفع ببحوث الفقاعات هو الطهي. استخدم الخبازون وصانعو المعجنات لفترة طويلة الخمائر - وسيلة بدائية لصنع فقاعات - لتخمير الخبز وتشبيع البيرة بثاني أكسيد الكربون. ولكن، في القرن الثامن عشر تعلَّم طهاة المأكولات الراقية في أوروبا خفق بياض البيض وتحويله إلى رغاوٍ رقيقة كبيرة، وبدأوا التجربة مع الحلويات

والأجبان المسامية، وكريمات الخفق، والكابتشينو الذي نحبه اليوم.

لا يزال الطهاة والكيميائيون لا يثقون في بعضهم؛ حيث يرى الكيميائيون أنَّ الطهاة غير منضبطين وغير علميين، بينما يرى الطهاة الكيميائيين كمفسدين للمتعة. فقط في حوالى عام 1900، استطاع علم الفقاعات الاندماج في مجال محترم. على الرغم من أنَّ الرجال المسؤولين - من أمثال إرنست روذرفورد واللورد كلفن - كانت لديهم أفكار ضبابية فقط لما قد يقود عملهم إليه، فإن روذرفورد في الواقع، كان مهتمًّا بسبر - ما كان في ذلك الوقت - الأعماق الغامضة في الجدول الدوريِّ.

بعد وقت قصير من انتقال روذرفورد من نيوزيلندا إلى جامعة كامبردج في عام 1895، كرَّس جُلَّ اهتمامه للنشاط الإشعاعيِّ، وعلم الوراثة أو تقنية النانو في ذلك الوقت. القوة

الطبيعية قادت روذرفورد إلى العلوم التجريبية؛ لم يكن تمامًا رجلاً ذا أظافر نظيفة.

نشأ روذرفورد وهو يقضي وقته في صيد السمان وزرع البطاطا في مزرعة الأسرة، وحاول أنْ يعيش بين زملائه في كلية كامبردج بشخصية «الحمار في جلد الأسد» كما في القصة الشهيرة؛ اكتسى شاربًا ضخمًا، وحمل عينات مشعة في جيبه، ودخَّن سيجارًا كريهًا وغليونًا. واندفع في التفوه بعبارات تجمع بين الغرابة واللطف، حاولتْ زوجته المسيحية المتدينة منعه من الحلف والتفوه بالشتائم اللعينة في المختبر؛ لأنه كان لا يستطيع أنْ يمنع نفسه من سبِّ أجهزته إذا لم تعمل. وعوضًا عن اللعن كان يغني أيضًا، كما أخذ يحوم حول مختبره المظلم. على الرغم من هذا الوصف الغريب، إنَّ السمة العلمية المتميزة لروذرفورد كانت دقته الشديدة. لم يعرف تاريخ العلم أحدًا أفضل منه في جذب أسرار الطبيعة

من الأجهزة المادية. وليس هناك مثال أفضل من الدقة التي استخدمها لحلِّ لغز: كيف يمكن لعنصر ما أنْ يتحول إلى آخر؟

بعد انتقاله من كامبريدج إلى مونتريال، صار روذرفورد مهتمًّا بمعرفة كيفية تلويث المواد المشعة الهواء حولها بنشاط إشعاعيٍّ أكثر. للتحقق من هذا، بنى روذرفورد على أعمال ماري كوري. ولكن، ثبت أنَّ النيوزيلنديّ الريفيَّ لديه دقة أكثر من السيدة المشهورة المعاصرة له. وفقًا لكوري (وغيرها)، إنَّ العناصر المشعة تُسرِّب نوعًا من الغاز من «النشاط الإشعاعيّ النقيّ» الذي يشحن الهواء؛ تمامًا مثل المصابيح التي تنشر الضوء في الهواء. اشتبه روذرفورد في أنَّ «النشاط الإشعاعيَّ النقيَّ» كان في الواقع عنصرًا غازيًّا غير معروف ذا خصائص مشعة. ونتيجة لذلك، في حين

كانت كوري تمضي أشهرًا وهي تغلي آلاف البوندات من البتشبلند الأسود للحصول على عينات مجهرية من الراديوم والبولونيوم، وجد روذرفورد الطريق المختصر، وسمح للطبيعة بالعمل بالنيابة عنه. إنه ببساطة ترَك عيناتٍ أسفل الدورق المقلوب لإمساك فقاعات الغاز الخارجة، ثم عاد للعثور على جميع المواد المشعة التي يحتاجها. روذرفورد ومساعده فريدريك سودي، سرعان ما أثبتا أنَّ الفقاعات المشعة كانت في الواقع عنصرًا جديدًا هو غاز الرادون. ولأنَّ العينة تحت الدورق انكمشتْ بنسبة، كما أنَّ عينة الرادون زادتْ في الحجم، أدركا حقيقة أنَّ عنصرًا واحدًا قد تحول إلى آخر.

لم يقم روذرفورد وسودي بإيجاد عنصر جديد فحسب، بل اكتشفا قواعدَ جديدة للقفز حول الجدول الدوريِّ. يمكن للعناصر أنْ تتحرك فجأة بشكل غير مباشر عندما تضمحل

وتتخطى المسافات. كان هذا مثيرًا ولكنه يعتبر تجديفًا. كان العلم قد أفقد سحرة الكيمياء الذين كانوا يدعون القدرة على تحويل الرصاص إلى ذهب مصداقيتهم، وحرّم ذلك، وها هما روذرفورد وسودي يفتحان الباب مرة أخرى. عندما سمح سودي لنفسه أخيرًا بتصديق الذي حدث، قال سريعًا: «روذرفورد، هذا تحوُّل!». وافقه روذرفورد، قائلاً بصوت عال: «لأجل مايك [180]، سودي، لا تسمه تحوُّلاً؛ سيقطعون رأسينا كخيميائيين!».

ساعدتْ عينة الرادون العلم سريعًا ليكون مذهلاً أكثر. كان لدى روذرفورد اسم اعتباطيٌّ للجزء الصغير الذي طار من الذرات المشعة بجسيمات ألفا. (اكتشف أيضًا جسيمات بيتا). بناء على الأوزان المختلفة بين أجيال العناصر المتحللة، يشتبه روذرفورد في أنَّ أشعة ألفا كانت في الواقع ذرات الهيليوم منحلة وخرجتْ مثل الفقاعات من خلال

السائل المغلي. إذا كان هذا صحيحًا، يمكن أنْ تفعل العناصر أكثر من القفز مسافتين في الجدول الدوريِّ؛ مثل القطع في لعبة اللوحة النموذجية، وإذا كان اليورانيوم يطلق الهيليوم، فإنَّ العناصر يمكن أنْ تقفز من جانب لآخر في الجدول الدوريِّ وكأنها حركة محظوظة (أو فاشلة) في لعبة الثعابين والسلالم.

لاختبار هذه الفكرة، كان لدى روذرفورد في قسم الفيزياء مصباحان من الزجاج المنفوخ. كان واحدًا في سُمْك فقاعة الصابون، وضخ غاز الرادون بداخله. والآخر كان أكثر سُمكًا وعَرضًا ويحيط بالأول. كانت لدى جسيمات ألفا ما يكفي من الطاقة لتمر من خلال طبقة الزجاج الأولى ولكن ليس الثانية، حتى أصبحت محاصرة في تجويف الفراغ بينهما. بعد بضعة أيام، لم تكن التجربة ناجحة بالمعنى التام؛ حيث إنَّ جسيمات ألفا المحاصرة كانت عديمة اللون

ولم تفعل أيَّ شيء. ولكن بعد أنْ شغل روذرفورد تيار بطارية من خلال التجويف (إذا كنتَ قد سافرت إلى طوكيو أو نيويورك، فستعرف ما حدث!) مثل جميع الغازات النبيلة، أضاء الهيليوم عند إثارته بالكهرباء، وبدأتْ جزيئات روذرفورد السحرية تُوهِّج الهيليوم المميز بالأخضر والأصفر. أثبت روذرفورد أساسًا أنَّ جسيمات ألفا أطلقتْ ذرات الهيليوم مع ضوء «النيون» الأولي. كان ذلك خير مثال على دقته، واعتقاده أيضًا في العلوم الدراماتيكية.

بأسلوب مميز تقليديٍّ، أعلن روذرفورد ارتباط ألفا الهيليوم خلال خطاب استلامه جائزة نوبل 1908. (بالإضافة إلى الفوز بالجائزة نفسها، أرشد روذرفورد أحد عشر فائزًا في المستقبل حتى عام 1978 وقام بتدريبهم، أيْ بعد أكثر من أربعة عقود من موت روذرفورد. وربما كانتْ هذه السلالة هي الإنجاز الأكثر إثارة للإعجاب منذ أنجب

جنكيز خان مئات الأطفال قبل سبعة قرون). استنتاجاته أدهشتْ جمهور نوبل. ومع ذلك، إنَّ التطبيق الأكثر فورية وعملية لعمل روذرفورد على الهيليوم ربما فات العديد منهم في ستوكهولم. باعتباره المجرب البارع، عرف روذرفورد أنَّ الأبحاث العظيمة حقًّا لم تكن لمجرد إثبات نظرية ما أو دحضها، ولكن لإنجاب المزيد من التجارب. على وجه الخصوص، سمحتْ تجربة الهيليوم ألفا باجتياز تجربة المناقشة اللاهوتية العلمية القديمة حول العمر الحقيقيِّ للأرض.

جاء أول تخمين شبه دفاعيٍّ عن ذلك العمر في عام 1650، عندما عمل رئيس أساقفة أيرلنديّ، هو جيمس آشر على «بيانات» قديمة مثل قائمة نسل في الكتاب المقدس («... وعاش سروج ثلاثين سنة، وولد ناحور... وعاش ناحور تسعة وعشرين سنة وولد تارح»، وغيرها)، وحسب

أخيرًا أنَّ الأرض تكوّنت في 23 تشرين الأول 4004 قبل الميلاد!. قام آشر بأفضل ما يمكنه بالأدلة المتاحة، ولكن في غضون عقود، بعد ذلك التاريخ ثبت أنها نتائج مضحكة بالنسبة لمعظم الحقول العلمية. يمكن لعلماء الفيزياء حتى تحديد أرقام دقيقة عن التخمينات الخاصة بهم باستخدام معادلات الديناميكا الحرارية. وكما أنَّ القهوة الساخنة تبرد في الثلاجة، عرف علماء الفيزياء أنَّ الأرض تفقد باستمرار الحرارة إلى الفضاء البارد. عن طريق قياس معدل الحرارة المفقودة واستقراء تاريخ انصهار كل صخرة على الأرض، يمكنهم تقدير تاريخ الأرض الأصليّ. العالم البارز في القرن التاسع عشر، وليام طومسون، المعروف باسم اللورد كلفن، قضى عقودًا وهو يدرس هذه المشكلة. وفي أواخر القرن التاسع عشر أعلن أنَّ الأرض قد وُلدت قبل عشرين مليون سنة.

كان ذلك انتصارًا لاستدلال الإنسان، وتخطئة لتخمين آشر. بحلول بداية القرن العشرين، بفضل روذرفورد وعوامل أخرى كان علم الفيزياء قد فاق العلوم الأخرى في هيبته وبريقه (روذرفورد نفسه كان مولعًا بالقول: «في العلم، لا يوجد سوى الفيزياء، والباقي هو جمع الطوابع»؛ الكلمات التي سكت عنها لاحقًا عندما حصل على جائزة نوبل في الكيمياء) في هذه الحالة، الفيزياء لم تكن على حق.

جادل تشارلز داروين بشكل مقنع في أنَّ البشر لا يمكن أنْ يتطوروا من بكتيريا عشوائية في غضون عشرين مليون سنة، وقال أتباع الجيولوجيِّ الاسكتلنديِّ جيمس هاتون [181] إنه لا توجد جبال أو وديان تشكلت في فترة قصيرة جدًّا. ولكن لم يستطع أحدٌ أنْ يكشف حسابات اللورد كلفن الهائلة، حتى بدأ روذرفورد يبحث في صخور اليورانيوم عن فقاعات الهيليوم.

داخل صخور معينة، تُطلِق ذرات اليورانيوم جسيمات ألفا (التي لديها اثنان من البروتونات) وتتحول إلى العنصر تسعين (الثوريوم). ثم ينتج الثوريوم الراديوم بواسطة إطلاق جسيمات ألفا أخرى. الراديوم ينتج الرادون بالإضافة الى آخر، والرادون ينتج البولونيوم، والبولونيوم ينتج الرصاص المستقر. هذا الانحلال معروفٌ. ولكن، في فكرة عبقرية أقرب إلى غلاسر، أدرك روذرفورد أنَّ جسيمات ألفا هذه بعد أنْ تخرج تُشكِّل فقاعاتٍ صغيرة من الهيليوم داخل الصخور. كانت الفكرة الرئيسة أنَّ الهيليوم لا يتفاعل أبدًا مع عناصر أخرى أو ينجذب إليها؛ لذا على عكس ثاني أكسيد الكربون في الحجر الكلسيّ، لا يكون الهيليوم عادة داخل الصخور؛ وبالتالي أيٌّ هيليوم داخل الصخور يكون ناتجًا من انحلال النشاط الإشعاعيِّ. إنَّ وجود الكثير من الهيليوم داخل

صخرة ما يعني أنها كبيرة في العمر، بينما الآثار الضئيلة منه تشير إلى أنها صغيرة.

كان روذرفورد قد فكَّر في هذه العملية لبضع سنوات في العام 1904، عندما كان في سن الثالثة والثلاثين، بينما كان كلفن في الثمانين. في هذه السن، على الرغم من مساهمات كلفن في العلم، كان عقله قد ضعف. ذهبت تلك الأيام التي كان يمكنه فيها وضع نظريات جديدة ومثيرة؛ مثل نظريته «عُقد الأثير» التي كانت جميع العناصر في الجدول الدوريِّ - في أعمق مستوياتها - تتسق معها بأشكال مختلفة. كان أكثر ضرر على علمه أنَّ كلفن لم يستطع قطّ دمج النشاط الإشعاعيِّ غير المستقر حتى المخيف في نظرته للعالم. (وهذا يفسر ما قامت به ماري كوري عندما سحبته في إحدى المرات في الخزانة للنظر في عنصرها المتوهج في الظلام لترشده). في المقابل، أدرك

روذرفورد أنَّ النشاط الإشعاعيَّ في القشرة الأرضية من شأنه أنْ يولِّد الحرارة الزائدة، والتي من شأنها أنْ تربك نظريات الرجل العجوز عن فقدان الحرارة البسيط إلى الفضاء.

بحماسة شديدة لتقديم أفكاره، رتَّب روذرفورد لمحاضرة في كامبريدج. ولكن، مهما كانت أفكار كلفن غريبة، فهو لا يزال ذا نفوذ في السياسة العلمية، وقد يعرض روذرفورد نفسه للخطر في حال حاول هدم حسابات الرجل العجوز التي يفخر بها. بدأ روذرفورد الخطاب بحذر، ولحسن الحظ، بمجرد أنْ بدأ أومأ إليه كلفن الذي كان يجلس في الصف الأماميِّ بالتحية، ولكن روذرفورد تعجَّل في عرض استنتاجاته، وعندما بدأ يقترب من عمل كلفن، بدى الرجل العجوز مستعدًّا ومتحفزًّا.

روذرفورد وهو محاصر على خشبة المسرح، تذكر فجأة مقولة عن أعمال كلفن، صيغتْ بلغة علمية، مفادها أنَّ

حسابات كلفن حول عمر الأرض صحيحة، ما لم يكتشف شخص ما مصادر إضافية من الحرارة داخل الأرض. ذكر روذرفورد هذه الفقرة، وأشار إلى أنَّ النشاط الإشعاعيَّ قد يكون هو المصدر الكامن. ومع الارتجال المتقن للرواية، ذكر أنَّ كلفن توقع اكتشاف النشاط الإشعاعيّ منذ عشرات السنين، يا له من عبقريٍّ! نظر الرجل الكبير سريعًا إلى الحاضرين في غضب، وأعرب عن اعتقاده أنَّ روذرفورد تصرَّف بحمق، لكنه مع هذا لم يتجاهل مجاملته.

توقف روذرفورد حتى مات كلفن، ثم في عام 1907 سرعان ما أثبت ارتباط اليورانيوم والهيليوم. ومع عدم وجود سياسة تمنعه الآن في الواقع، أصبح الند البارز لنفسه (واستطاع أنْ يخلد نفسه كأحد أباطرة العلوم، مع العنصر 104: الرذرفورديوم). وفي نهاية المطاف، حصل اللورد روذرفورد على بعض صخور اليورانيوم البدائية ليستخرج

الهيليوم من فقاعات مجهرية في داخلها، وحدد أنَّ الأرض كانت بعمر 500 مليون سنة على الأقل. أي كانت أكبر من تخمين كلفن بخمس وعشرين مرة، وأول حساب صحيح في القيمة الأسية لعامل العشرة. في غضون سنوات، درس الجيولوجيون بمزيد من الخبرة البارعة الصخور واختبروا حسابات روذرفورد، وقرروا أنَّ جيوب الهيليوم أثبتتْ أنَّ الأرض تكونتْ منذ ملياري سنة على الأقل. وكان هذا الرقم لا يزال أقل من الحقيقي بنحو 50 في المئة على الأقل، ولكن بفضل الفقاعات الصغيرة الخاملة داخل الصخور المشعة، بدأ البشر يواجهون عمر الكون المذهل.

بعد روذرفورد، أصبح البحث عن فقاعات العناصر الصغيرة داخل الصخور معيارًا للعمل في الجيولوجيا. أحد المناهج المفيدة تستخدم الزركون؛ وهو معدن يحتوي على

الزركونيوم المتسبب في حسرة الربويين، والتقليد البديل عن المجوهرات.

لأسباب كيميائية، الزركون معدن متين، ويقع الزركونيوم تحت التيتانيوم في الجدول الدوريِّ، ويقنع بكونه ألماسًا وهميًّا لسبب ما. على عكس الصخور اللينة مثل الحجر الكلسيّ، نجا العديد من الزركون منذ السنوات الأولى من نشأة الأرض، وغالبًا بصعوبة تكونت بذور نبتة الخشخاش داخل الصخور الكبيرة. ونظرًا لكيميائه الفريدة من نوعها، عندما شكلت بلورات الزركون طريق الخروج من الصخور، فإنها تشبعتْ باليورانيوم الشارد وعبأته في ذرات الفقاعات الذرية داخلها. وفي الوقت نفسه، الزركون لديه نفور من الرصاص، ويضغط هذا العنصر خارجًا (عكس ما تفعله الشهب). بطبيعة الحال، هذا لا يستمر طويلاً؛ لأنَّ اليورانيوم ينحل إلى الرصاص، ولكن لدى الزركون مشكلة

في العمل مع شظايا الرصاص. ونتيجة لذلك، أيُّ رصاص داخل الزركون المبغض للرصاص في الوقت الحاضر ناتج من اليورانيوم. القصة يجب أنْ تكون واضحة الآن: بعد قياس نسبة الرصاص إلى اليورانيوم في الزركون، إنها مجرد مسألة رسوم بيانية تعود إلى عام صفر. في أيِّ وقت تسمع فيه العلماء يعلنون رقمًا قياسيًّا «لأقدم الصخور في العالم» - ربما في أستراليا أو جرينلاند، حيث نجا الزركون أطول مدة - تأكد أنهم استخدموا فقاعات الزركون اليورانيوم لتحديد التاريخ.

اعتُمدتْ مجالات الفقاعات كنموذج للتقصي عن ظواهر معينة أيضًا. بدأ غلاسر بتجريب حجرة الفقاعات في الخمسينيات. وفي الوقت نفسه، بدأ علماء الفيزياء النظرية مثل جون أرشيبالد ويلر الحديث عن الكون كرغوة على المستوى البدائيِّ. في ذلك المقياس، أصغر من الذرات

مليارات من تريليونات المرات. حلم ويلر أنَّ «التسلسل الحيزي الزمنيّ الذريّ السلس وعالم الجسيمات يمكن أنْ يمدّانا بوسيلة، حيث لا يكون هناك حرفيًّا لا يسار ولا يمين، ولا قبل ولا بعد؛ وحيث الأفكار العادية عن الطول سوف تختفي، والأفكار العادية عن الوقت سوف تتبخر. لا أستطيع أنْ أفكر في أيٍّ اسم أفضل من اسم الرغوة الكمية لهذا الوضع». بعض علماء الكون اليوم يحسبون أنَّ كوننا بأكمله قد انفجر إلى حيز الوجود عندما خرجتْ فقاعة تحت مجهرية حرة من تلك الرغوة وبدأتْ في التوسع بمعدل هائل. إنها نظرية بارعة في الواقع، وتفسر الكثير، باستثناء لماذا يمكن أنْ يحدث هذا.

ومن المفارقات أنَّ رغوة ويلر الكمية تعود سلالتها الفكرية إلى العالم الفيزيائيِّ الكلاسيكيِّ الأخير، العالم الأشهر، اللورد كلفن. ورغم ذلك، كلفن لم يخترع علم الرغوة،

بل كان رجلاً بلجيكيًّا أعمى يحمل اسمًا مناسبًا له جوزيف بلاتو Joseph Plateau. لكن كلفن بسَّط العلم بقوله أشياء، مثل: إنه يمكن أنْ ينفق عمره في ملاحظة فقاعة صابون واحدة. وكان ذلك في الواقع مبالغة، حيث إنه وفقًا لدفاتر ملاحظاته في المختبر، وضع كلفن الخطوط العريضة لعمل فقاعته في الصباح، وهو مسترخٍ في السرير، وأنتج ورقة قصيرة واحدة فقط في ذلك. ومع ذلك، هناك قصص رائعة عن الفيكتوريِّ ذي اللحية البيضاء الذي رشّ أحواض المياه والجليسرين - بما يشبه صندوقًا صغيرًا - مع مغرفة معلقة بنابض، لصنع مجموعات من الفقاعات المتشابكة. وفقاعات مربعة، تذكرنا بشخصية ريرن في المسلسل الكرتونيِّ بينتس، حيث إنَّ لفائف النابض تشكلت إلى مناشير مستطيلة.

بالإضافة إلى ذلك، جمع عمل كلفن ذلك الزخم، وألهم أجيال المستقبل بعلم حقيقيٍّ. عالم الأحياء وينتورث طومسون طبَّق نظريات كلفن في تشكيل الفقاعة في تطوير الخلية في الكتاب المبدع عام 1917 في النمو والشكل «On Growth and Form»؛ الكتاب الذي وصف بأنه «أفضل عمل أدبيٍّ في جميع سجلات تاريخ العلوم التي كُتبتْ باللغة الإنجليزية». بدأ الحقل الحديث لبيولوجيا الخلية في هذه المرحلة.

الأكثر من ذلك، إنَّ الأبحاث البيوكيميائية الأخيرة تلمح إلى أنَّ الفقاعات كانت سببًا مؤثرًا في الحياة نفسها.áæÃ الجزيئات العضوية المعقدة قد شُكل ليس في المحيط المضطرب - كما يظن عادة - ولكن في فقاعات الماء المحصورة في صفائح الجليد في القطب الشماليِّ. المياه ثقيلة جدًّا، وعندما يتجمد الماء فإنه يسحق «الشوائب»

المنحلة مثل الجزيئات العضوية داخل الفقاعات. التركيز والضغط في هذه الفقاعات قد يكونان قويين بما يكفي لدمج تلك الجزيئات في نظم «المضاعفة الذاتية» self–replicating. وعلاوة على ذلك، مع الاعتراف بخدعة جيدة، تحل الطبيعة مخطط الفقاعة. بغض النظر عن المكان الأول الذي تشكلتْ فيه الجزيئات العضوية - في الجليد أو المحيط - الخلايا الخام الأولى كانت بالتأكيد هياكل تشبه الفقاعة التي تحيط بالبروتينات أو الحمض الريبي النوويِّ RNA أو الحمض النوويّ الريبي منقوص الأكسجين DNA وتحمي أشكالها من الزوال أو التآكل. حتى اليوم، وبعد أربعة مليارات سنة، لا تزال الخلايا لديها تصميم الفقاعة الأساسية.

ألهم عمل كلفن العلوم العسكرية أيضًا؛ فخلال الحرب العالمية الأولى، تولى لورد آخر يدعى اللورد ريليه، العمل

على مشكلة ملحة في زمن الحرب، وهي سبب تعرّض مراوح دفع الغواصة للتفكك والتحلل بينما يظل بقية الهيكل سليمًا. واتضح أنَّ الفقاعات التي تنتجها مراوح الدفع المتمخضة تتحول لتهاجم الشفرات المعدنية مثل هجوم السكر على الأسنان؛ مع نتائج مماثلة من التآكل. أدى علم الغواصات إلى أبحاث واعدة أخرى في مجال البحوث عن الفقاعات أيضًا؛ رغم أنه في ذلك الوقت كان هذا الاستنتاج يبدو غير واعد، بل مراوغًا. بفضل ذكرى قوارب يوبوت U–boats الألمانية، ودراسة السونار (موجات الصوت التي تتحرك في المياه) التي كانت حديثة في الثلاثينيات كما كان النشاط الإشعاعيُّ من قبل، اكتشف فريقان بحثيان على الأقل أنهما إذا هزا الخزان بمحرك نفاث على مستوى الضوضاء، فإنَّ الفقاعات التي ستظهر ستنهار في بعض الأحيان، وتومض بومضة من الضوء الأزرق أو الأخضر (تخيَّل قضم حلوى

النعناع الصلبة: لايف سيفرز [182] في خزانة مظلمة). لم يتابع العلماء ما يسمى الضيائية الصوتية Sonoluminescence؛ لأنهم كانوا مهتمين أكثر بتفجير الغواصات، وكانت لمدة خمسين عامًا تعتبر خدعًا سحرية علمية، وانتقلتْ هذه الفكرة من جيل إلى جيل.

كان من الممكن أنْ يستمر هذا الوضع، ما لم يقم زميل سيث بيترمان بالتهكم عليه في أحد الأيام في منتصف الثمانينيات. عمل بيترمان في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس في مجال ديناميكا الموائع؛ الحقل شديد الصعوبة. بمعنى ما، يعرف العلماء عن المجرات البعيدة أكثر من تدفق المياه المضطربة خلال أنابيب الصرف الصحيِّ. كان الزميل يقصد إغاظة بيترمان والتلميح بجهله عندما قال إنَّ أمثاله لا يستطيعون معرفة كيف تحول الموجات الصوتية الفقاعات إلى ضوء! كان بيترمان يعتقد أنها خرافة حضارية؛

ولكن بعد النظر في البحوث القليلة التي تناولت الضيائية الصوتية، ترك عمله السابق وتفرغ لدراسة وميض الفقاعات طوال الوقت[183].

قام بيترمان بأول تجربة مبهجة ذات تكنولوجيا بسيطة، فوضع دورقًا من الماء بين اثنين من مكبرات صوت استيريو، والتي كانت مدارة بترددات صفير الكلب [184]. سلك المحمصة في الدورق يقوم بطرد الفقاعات، والموجات الصوتية تحاصرها وترفعها في الماء. ثم جاء الجزء الممتع؛ تختلف الموجات الصوتية بين القيعان الجرداء منخفضة الكثافة والقمم ذات الكثافة العالية. الفقاعات الصغيرة المحاصرة تستجيب للضغط المنخفض بالانتفاخ ألف مرة؛ مثل البالون الذي يملأ غرفة. بعد أنْ تصل الموجة الصوتية إلى القاع، يدخل السطح ذو الضغط العالي ويسحق حجم الفقاعة بمقدار نصف مليون مرة، بقوة 100 مليار مرة أكبر

من الجاذبية. وهذا ليس بمستغرب؛ فقد سحق المستعر الأعظم الذي ينتج الضوء الغريب. الأكثر إثارة للدهشة، على الرغم من دخول الفقاعات حالة «التفرد» - وهو المصطلح الذي نادرًا ما يستخدم بمعزل عن دراسة الثقوب السوداء - فإنها تبقى سليمة. بعد زوال الضغط، تنتفخ الفقاعات مرة أخرى بدون أنْ تنفجر، وكأن شيئًا لم يكن. بعدها تسحق وتومض مرة أخرى؛ مع تكرار العملية آلاف المرات في كل ثانية.

بيترمان سرعان ما اشترى معدات أكثر تطورًا من معداته الأصلية التي كانت بالأساس أدوات المرأب، وعند القيام بذلك، كان عليه العمل مع الجدول الدوريِّ. للمساعدة في تحديد سبب تألق الفقاعات، بدأ يحاول مع غازات مختلفة. وجد أنه على الرغم من أنَّ فقاعات الهواء العادي أنتجت فرقعات لطيفة من اللون الأزرق والأخضر، والنيتروجين أو

الأكسجين النقيّ - اللذين يشكلان معًا 99 في المئة من الهواء - لم يضيء؛ بغض النظر عن حجم تشغيل الصوت تجاهه أو صخبه. باضطراب، بدأ بيترمان يضخ الغازات الضئيلة مرة أخرى من الهواء إلى الفقاعات؛ حتى وجد الصوان العنصريَّ: الأرجون.

كان ذلك غريبًا، لأنَّ الأرجون غازٌ خاملٌ. الأكثر من ذلك، كانت الغازات الأخرى التي يمكن لبيترمان (والكادر المتزايد من علماء الفقاعات) العمل عليها أثقل من العناصر الشبيهه بالأرجون الكيميائيّ، الكريبتون، والزينون على الأخص. في الواقع، حينما يثارا مع السونار، فإنَّ الزينون والكريبتون يشتعلان أكثر إشراقًا حتى من الأرجون، وينتجان «نجومًا في الجرة» التي تصل إلى درجة حرارة 35,000 فهرنهايت داخل المياه، أكثر سخونة حتى من سطح الشمس. مرة أخرى، كان هذا محيرًا! وغالبًا ما يُستخدم

الزينون والكريبتون في الصناعة لإخماد الحرائق أو التدهور الحراريِّ، وليس هناك سبب للاعتقاد أنَّ ذينك الغازين الخاملين الساكينين يمكن أنْ ينتجا مثل هذه الفقاعات المكثفة.

إنَّ خمول تلك الغازات هو أحد الأصول السرية. الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، والغازات الأخرى في الغلاف الجويّ داخل الفقاعات يمكنها استخدام طاقة السونار الواردة للانفصال أو التفاعل مع بعضها بعضًا. من وجهة نظر الضيائية الصوتية، هذه الطاقة تتبدد. بعض العلماء، مع ذلك، يعتقدون أنَّ الغازات الخاملة تحت ضغط عالٍ لا يسعها إلا أنْ تمتص طاقة السونار. وبدون أيِّ وسيلة لتبديد الطاقة، إنَّ فقاعات الزينون أو الكريبتون تنهار، ولا يكون لديها خيار سوى نشر الطاقة في نوى الفقاعات وتركيزها». إذا كان هذا هو الحال، إذًا تكون الغازات النبيلة غير

المتفاعلة هي مفتاح الضيائية الصوتية. أيًّا كان السبب، إنَّ العلاقة مع الضيائية الصوتية ستعيد تعريف الغاز الخامل.

لسوء الحظ، دفع الميل إلى تسخير تلك الطاقة العالية بعض العلماء (بمن في ذلك بيترمان) إلى ربط علم الفقاعات الرقيق بالاندماج النظريِّ، وهو قريب العلم المرضيّ المفضل. (نظرًا لدرجات الحرارة كعامل مؤثر، فهو ليس اندماجًا باردًا). لقد كانت هناك لفترة طويلة رابطة غامضة، وعدم ترابط بين الفقاعات والاندماج، ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أنَّ بوريس ديرياغن - وهو عالم سوفياتيٌّ مؤثر درس استقرار الرغاوي - كان يعتقد بقوة في الاندماج البارد. (في إحدى المرات في تجربة لا يمكن تصورها، ديرياغن نقيض روذرفورد، حاول تحفيز الاندماج البارد في الماء بإطلاق رصاص بندقية كلاشنيكوف فيه!).

الرابط المشكوك فيه بين الضيائية الصوتية والاندماج (الاندماج الصوتيّ sonofusion) طُرِح بشكل صريح عام 2002، عندما نشرت مجلة العلوم ورقة مثيرة للجدل عن الإشعاع في محرك الطاقة النووية من الضيائية الصوتية. على نحو غير عادي، نشرت مجلة العلوم أيضًا في افتتاحيتها اعتراف العديد من كبار العلماء بأنَّ الورقة معيبة - إنْ لم تكن مخادعة - حتى إنَّ بيترمان أوصى أنْ ترفض المجلة هذه الورقة، لكنّ المجلة طبعتها على أي حال (سعيًا لزيادة مبيعات المجلة؛ لأن الجميع سيشترون نسخة منها ليعرفوا تفاصيل هذه الضجة). في وقت لاحق، طالب مجلس النواب الأمريكي بإيقاف كاتب الورقة لتزويره البيانات.

لحسن الحظ، كان لعلم الفقاعة أساس قويٌّ بما فيه الكفاية[185] للصمود أمام هذه الترهات. اهتم الفيزيائيون بمجال بديل للطاقة الحالي، وهو نموذج للموصلات الفائقة مع الفقاعات. اختصاصيو علم الأمراض يصفون مرض الإيدز كفيروس «رغوي» على الطريقة التي تنتفخ بها الخلايا المصابة قبل أنْ تنفجر. يعرف علماء الحشرات أنَّ الحشرات تستخدم فقاعات مثل الغواصات للتنفس تحت الماء، وعلماء الطيور يعرفون أنَّ اللمعان المعدنيّ في ريش الطاووس يأتي من ضوء فقاعات صغيرة على الريش. الأهم من ذلك حدث في مجال علوم الأغذية عام 2008، حيث حدد الطلاب في جامعة ولاية أبالاشيان أخيرًا السبب الذي يجعل شراب الكولا يفرقع عندما تسقط حلوى المينتوس فيه، إنها الفقاعات؛ سطح حلوى المينتوس المحبب يعمل كشبكة تعيق الفقاعات المنحلة التي تترابط في واحدة كبيرة. في

نهاية المطاف، تتدفع الفقاعات العملاقة كبركان تصاعديٍّ من خلال الفوهة، في اندفاع يصل إلى عشرين قدمًا بشكل رائع. كان هذا الاكتشاف - بلا شك - أعظم لحظة في تاريخ علم الفقاعات منذ أنْ لاحظ دونالد غلاسر كأس الجعة قبل أكثر من خمسين عامًا، وحلم بقلب الجدول الدوريِّ.

الفصل الثامن عشر:

أدوات الضبط التافهة

Mg Fm Cr Sm U Cs Kr Pt

عُد بذاكرتك إلى أيام الدراسة، وتذكر مدرس العلوم الصارم الذي كان يغضب ويخصم من درجاتك إذا قمتَ بتقريب الخانة العشرية السادسة في إجابتك بشكل غير صحيح؛ وهيئته وهو يقف ممشوق القوام واضعًا القميص تحت البنطلون بعناية مفرطة، ومتابعًا إجابات الطلاب باهتمام، ومصححًا لمن يخلط في نطق «الوزن» وهو يعني «الكتلة»، ويلزم الجميع - بمن في ذلك هو نفسه - بوضع نظارات واقية أثناء التجارب، حتى لو كان يخلط الماء

والسكر. الآن، حاول أنْ تتخيل شخصًا يكرهه معلمك لكونه مدققًا جدًّا؛ هذا هو الشخص الذي يعمل لحساب مكتب المعايير والمقاييس.

معظم البلدان لديها مكتب معايير، مهمته قياس كل شيء، بدءًا من طول الثانية الحقيقيِّ، إلى كمية الزئبق التي يمكن أنْ تُستهلك بأمان في الكبد البقريِّ (القليل جدًّا؛ كما يقول المعهد الوطنيُّ الأمريكيُّ للمعايير والتكنولوجيا، أو NIST). بالنسبة للعلماء الذين يعملون في مراكز المعايير، القياس ليس مجرد ممارسة تجعل العلم ممكنًا، بل هو علمٌ في حد ذاته. التقدم في أيٍّ من المجالات - من علم الكون بعد أينشتاين، إلى البحث عن الأحياء الفلكية على الكواكب الأخرى - يعتمد على قدرتنا على إجراء أفضل قياسات دقيقة على أساس أفضل قصاصات صغيرة من المعلومات.

لأسباب تاريخية، (كانت لدى جماعة التنوير الفرنسية مقاييس متعصبة) المكتب الدوليُّ للأوزان والقياسات (BIPM) الذي يقع خارج باريس، يعمل بمثابة مكتب معايير لمكاتب المعايير، ويتأكد من أنَّ كل «المكاتب المرخصة» تعمل وفقًا للمواصفات. واحدة من أكثر وظائف BIPM غرابة هي تدليل النموذج المعياريِّ الدوليِّ للكيلوغرام، الكيلوغرام الرسميّ العالميّ. إنه عبارة عن أسطوانة بعرض بوصتيْن اثنتين، وتتكون نسبة 90 في المئة منه من البلاتين، وهو - بحكم التعريف - ذو كتلة تساوي بالضبط... 1.000000 كيلوغرام (لأيِّ عدد من المنازل العشرية تريد)؛ مما يعادل تقريبًا اثنين من الباوندات، وقد أشعر بالذنب لأنه رقم غير دقيق.



النموذج المعياريُّ الدوليُّ للكيلوغرام (في الوسط) بعرض بوصتين، مصنوع من البلاتين والإيريديوم، ومحفوظ دائمًا وعلى مدار اليوم تحت ثلاثة أوعية ناقوسية داخل خزانة تتحكم بدرجة الحرارة والرطوبة في باريس. تحيط بالكيلوغرام ست نسخ رسمية؛ كل منها تحت وعاء ناقوسيٍّ. (بإذن من **MPIB** الذي يحتفظ بكامل حقوق النشر الدوليّ)

لأنَّ الكيلوغرام جسم ماديٌّ؛ وبالتالي قابل للتلف، ولأنَّ تعريف الكيلوغرام يجب أنْ يبقى ثابتًا، يجب على BIPM التأكد من أنه لم يُخدَش، ولم تهجم عليه ذرة غبار، ولم يفقد قط (كما يأمل المكتب!) ذرة واحدة؛ لأنه إذا حدث شيء من

ذلك، فمن الممكن أنْ ترتفع كتلته إلى 1...1.000000 كجم أو تنخفض إلى 9...0.999999 كجم، وهذا الاحتمال يؤثر على نوع المعايير في المكتب الوطنيِّ. لذلك - مثلما تفعل الأمهات المهووسات بصحة أبنائهنَّ - فهم يراقبون باستمرار درجة حرارة الكيلوغرام والضغط من حوله لمنع الانتفاخات، والتقلصات المجهرية، والضغط، وكل ما من شأنه أنْ يقلل من الذرات. إنه محاطٌ أيضًا بثلاثة أوعية ناقوسية أصغر تباعًا؛ لمنع الرطوبة من التكثف على السطح وترك غشاء تحت مجهريٍّ. والكيلوغرام مصنوع من البلاتين الكثيف (والإيريديوم) لتقليل مساحة السطح المعرض للهواء الضار غير النقيِّ؛ من النوع الذي نتنفسه! البلاتين أيضًا موصل جيد للكهرباء، ويخفض من تراكم الكهرباء الساكنة «الطفيلية» (مصطلح BIPM) التي قد تطلق ذرات طائشة.

أخيرًا، صلابة البلاتين تقي من كارثة احتمال خدش الظفر في الحالات النادرة عندما يضع بعض الأشخاص أيديهم على الكيلوغرام. بلدان أخرى تحتاج إلى الأسطوانة الرسمية... 1.000000. ولتجنُّب الاضطرار للسفر إلى باريس في كل مرة يحتاج أحدهم فيها إلى قياس شيء على وجه التحديد، وحيث إنَّ الكيلوغرام هو المعيار، فإنَّ نسخًا معيارية في البلدان الأخرى لا بد من مقارنتها مع النموذج المعياريِّ الأصليِّ. للولايات المتحدة كيلوغرام رسميٌّ لها، يسمى 20K (أي النسخة الرسمية العشرين)، التي توجد في مبنى حكوميٍّ في ضواحي ميريلاند، تمت معايرته مرة واحدة فقط منذ عام 2000، ويحتاج للمعايرة مرة أخرى، كما تقول زينة جبور، رئيسة فريق الكتلة والقوة في المعهد الوطنيِّ الأمريكيِّ للمعايير والتكنولوجيا. لكن المعايرة عملية معقدة تتم خلال أشهر متعددة، وشروط الأنظمة الأمنية منذ عام

2001 جعلت السفر إلى باريس مع K 20 أمرًا مزعجًا. تقول جبور: «علينا أنْ نحمل الكيلوغرام باليد خلال الرحلة، وطبعًا من الصعب أنْ تمر من خلال الأمن والجمارك وأنت تحمل سبيكة من المعدن، وتقول لهم إنهم لا يستطيعون لمسها!». حتى إن مجرد فتح حقيبة K 20 المخصصة في المطار المغبر «يمكن أنْ يضر بالسبيكة». كما تقول: «وإذا أصر أيٌّ شخص على لمسها، فستكون نهاية المعيار».

عادة، تستخدم BIPM واحدةً من ست نسخ رسمية من الكيلوغرام (كلها توضع تحت أوعية ناقوسية الشكل) لمعايرة النسخ المقلدة. ولكن النسخ الرسمية يجب أنْ تُقاس بالقياس المعياريِّ الخاص بها؛ لذا في كل عدة سنوات يزيل العلماء الكيلوغرام من الخزنة (باستخدام ملقط وارتداء قفازات اللاتكس، بطبيعة الحال، حتى لا يتركوا بصمات - ولكن ليس النوع الشهير من القفازات التي تحتوي على البودرة،

لأنَّ ذلك من شأنه أنْ يترك بقايا - وعليهم أيضًا ألاّ يمسكوها لفترة طويلة جدًّا؛ وذلك لأنَّ درجة حرارة جسم الشخص قد تنتقل إليها وتسخنها ويضيع كل شيء(äÆe يعايروا أجهزة المعايرة[186]. ومن المثير للقلق - كما لاحظ العلماءُ خلال المعايرة في التسعينيات - أنَّه بسبب الذرات التي كُشطت عند لمس الناس لها في العقود القليلة الماضية، فقد الكيلوغرام كتلة إضافية مساوية لكتلة البصمة (!)، أيْ نصف ميكروجرام سنويًّا، لا أحد يعرف لماذا!

الفشل في أنْ يبقى الكيلوغرام ثابتًا دائمًا أعاد النقاشات حول الحلم النهائيِّ لكل عالم تنتابه الهواجس من كون الأسطوانة قد عفا عليها الزمن. تدين العلوم بالكثير من التقدم منذ حوالى 1600 لتبني مفهوم النظرة المركزية غير البشرية للكون بقدر الإمكان. (وهذا ما يسمى بمبدأ كوبرنيكوس Copernican principle، أو بمعنى أبسط

مبدأ الاعتدال (mediocrity principle). الكيلوغرام واحد من سبع «وحدات أساسية» للقياس التي تتخلل جميع فروع العلم، ولن تعد أيٌّ من تلك الوحدات التي تستتند على الأداة البشرية مقبولة، ولا سيما إذا انكمشتْ في ظروف غامضة.

الهدف مع كل وحدة - كما وضعه مكتب المعايير الوطنية في إنجلترا - هو أنْ يرسل أحد العلماء رسالة إلكترونية لزميل له في قارة أخرى للتعريف بأبعاد شيء، ويكون ذلك الزميل قادرًا على إنتاج شيء بالضبط بتلك الأبعاد اعتمادًا على الوصف في رسالة البريد الإلكترونيّ. إنك لا تستطيع إرسال الكيلوغرام بالبريد الإلكترونيِّ، ولم يأتِ أحد من قبل بتعريف أكثر موثوقية من وصف الأسطوانة المدللة اللامعة، القابعة في باريس. (أو إذا كان لديهم شيء من هذا القبيل، فهو إمّا مستحيل عمليًا - مثل عد تريليونات التريليونات من الذرات - أو يتطلب قياساتٍ دقيقة للغاية؛

حتى بالنسبة لأفضل الأدوات اليوم). عدم القدرة على حل معضلة الكيلوغرام - بمنعه من التقلص أو إيقافه عن الخدمة - أصبحتْ مصدرًا متزايدًا للقلق الدوليِّ.

إنَّ الكيلوغرام هو آخر وحدة أساسية مرتبطة بالقيود الإنسانية. قضيب البلاتين في باريس حُدّد... 1.000000 متر لمدة طويلة خلال القرن العشرين، حتى أعاد العلماء تحديده مع ذرة الكريبتون في عام 1960، في تثبيت المتر عند مسافة 1,650,763.73 من الأطوال الموجية للضوء الأحمر والبرتقاليِّ من ذرة الكريبتون 86. هذه المسافة مطابقة - تقريبًا - لطول القضيب القديم، لكنها تجعل القضيب قديمًا؛ حيث إنَّ العديد من الأطوال الموجية لضوء الكريبتون تمتد على مسافة واحدة في أيِّ فراغ، وفي أيِّ مكان. (وهذا هو التعريف القابل للنقل عبر البريد الإلكترونيِّ). ومنذ ذلك الحين، أعاد علماء القياس (علماء

المقاييس والموازين) تعريف المتر (حوالى ثلاث أقدام) للمسافة التي يقطعها أيٌّ ضوء في الفراغ بسرعة 1/299,792,458 من الثانية.

وبالمثل، إنَّ التعريف الرسميَّ للثانية الواحدة هو حوالي 1/86,400 من دوران واحد حول محور الأرض (عدد الثواني في يوم واحد). ولكن إحدى الحقائق المزعجة التي جعلت المعيار غير مناسب هي أنَّ طول السنة - ليس فقط السنة التقويمية ولكن الفلكية - يختلف مع كل رحلة؛ بسبب حركات المد والجزر في المحيطات التي تسحب وتبطّئ دوران الأرض. لتصحيح هذا، اضطر علماء المقاييس والموازين للانزلاق في مفهوم «ثانية كبيسة» عن كل سنة ثالثة؛ تحدث عادة عندما لا ينتبه أحد إليها في منتصف ليل 31 ديسمبر. لكن الثانية الكبيسة هي الحلُّ المخصص المستهجن. وبدلاً من ربط قياس الوحدة العالمية المفترضة

بمرور صخرة غير ملحوظة حول نجم مفقود، فقد وضع مكتب المعايير الأميركية ساعاتٍ ذرية تقوم على السيزيوم.

الساعات الذرية تعمل على طريقة الإلكترونات المثارة نفسها في القفز والهبوط التي ناقشناها من قبل. لكن الساعات الذرية أيضًا تستغل حركة الإلكترونات الدقيقة، «وهيكلها الدقيق». إذا كان القفز العادي من الإلكترون يشبه قفز المغني للمسافة الموسيقية من الحرف الموسيقي (صول) إلى الحرف الموسيقي (صول)، فإنَّ الهيكل الدقيق يشبه الانتقال من الحرف الموسيقي صول إلى الحرف الموسيقي (صول منخفض)æÃ (صول مرتفع). تأثير الهيكل الدقيق أكثر ما يلفت الانتباه في المجالات المغناطيسية، إنه ناجمٌ عن أشياء يمكنك تجاهلها بأمان، إلا إذا كنتَ تجد نفسك في مقرر فيزياء متقدمة مكثف؛ مثل التفاعلات المغناطيسية بين الإلكترونات والبروتونات أو تعديلات أينشتاين النسبية.

والنتيجة هي أنه بعد تلك التعديلات الدقيقة [187]، كل إلكترون يقفز إمّا أقل قليلاً (صول منخفض) أو أعلى بقليل (صول مرتفع) مما كان متوقعًا.

الإلكترون «يقرر» القفزة التي يقوم بها حسب اللف المغزليِّ الموضعيِّ. لذا، لا يقوم إلكترون واحد أبدًا بقفزات منخفضة ومرتفعة متتالية، بل بانخفاض يليه ارتفاع في كل مرة. داخل الساعات الذرية - التي تبدو وكأنها أنابيب هوائية طويلة ونحيلة - يزيل المغناطيس جميع ذرات السيزيوم التي تقفز إلكتروناتها الخارجية إلى مستوى واحد؛ سمِّها الصول المنخفض. وهذا يترك فقط ذرات إلكترونات مع الصول المرتفع، والتي يتم جمعها في تجويف وتثار بموجات صغيرة مكثفة. هذا يجعل إلكترونات السيزيوم تنفجر (أيْ تقفز وتهبط) وتنبعث منها فوتونات الضوء. كل دورة من القفز صعودًا وهبوطًا تكون مرنة، ودائمًا تستغرق

الفترة نفسها من الوقت (قصيرة للغاية)، حيث يمكن للساعة الذرية قياس الوقت ببساطة عن طريق عد الفوتونات. حقًّا لا يهم سواء أكنت قد أزلتَ الصول المنخفض أو الصول المرتفع، ولكن عليك أنْ تزيل واحدًا منهما؛ لأنَّ القفز إلى أيٍّ مستوى يستغرق فترة مختلفة من الوقت، وفي مقاييس عمل علماء المقاييس والموازين، عدم الدقة أمرٌ غير مقبول على الإطلاق.

أثبت السيزيوم ملاءمته كمحرك رئيس للساعات الذرية؛ لأنَّ له إلكترونًا واحدًا في مداره الخارجيِّ، مع عدم وجود إلكترونات قريبة لكتمه. ذرات السيزيوم الثقيلة المتثاقلة هي أهداف المايزر كذلك. حتى في تثاقل السيزيوم، لا يزال الإلكترون الخارجيُّ سريعًا. بدلاً من بضع عشرات أو بضعة آلاف مرة في الثانية الواحدة، فإنه يؤدي 9,192,631,770 ذهابًا وإيابًا في كل مرة تنطق فيها كلمة «ميسيسيبي» مرة

واحدة. اختار العلماء هذه الرقم بدلاً من تخفيضه إلى 9,192,631,769 أو ترك الأمور تطول حتى تصل إلى 9,192,631,771 لأنه يقابل أفضل تخمين لهم للثانية في عام 1955، عندما قاموا ببناء أول ساعة سيزيوم. بغض النظر، 9,192,631,770 رقم ثابت الآن، وأصبح أول تعريف لوحدة أساسية عالمية قابل للإرسال بالبريد الإلكترونيّ، وحتى إنه ساعد في تحرير المتر المصنوع من قضيب البلاتين بعد عام 1960.

اعتمد العلماء معيار السيزيوم كمقياس رسميٍّ في العالم في الستينيات؛ ليحل محل الثانية الفلكية. وبينما أفاد معيار السيزيوم العلم من خلال ضمان الدقة في جميع أنحاء العالم، فقدت الإنسانية شيئًا لا يمكن إنكاره؛ فمنذ عصور قدماء المصريين والبابليين اعتاد البشر على استخدام النجوم والمواسم لتتبع الوقت وتسجيل اللحظات الأكثر أهمية، أما

الآن فقد قطع السيزيوم الاتصال مع السماوات، طمسه تمامًا كما فعلتْ وسائل الإنارة الحديثة مع أضواء الكواكب. ومهما كانت دقة العنصر، فإنَّ السيزيوم يفتقر إلى الشعور الأسطوريِّ للقمر أو الشمس. الأكثر من هذا أنَّ ذريعة الاستعاضة بالسيزيوم لطابعه الشموليِّ - حيث إنَّ إلكترونات السيزيوم ينبغي أنْ تهتز على التردد نفسه في كل منطقة صغيرة من الكون - قد لا تكون رهانًا آمنًا.

***

إذا كان هناك شيء أعمق من حب عالم الرياضيات للمتغيرات، فهو حبه للثوابت. شحنة الإلكترون، وقوة الجاذبية، وسرعة الضوء - بغض النظر عن التجربة، ومهما كانت الظروف - تلك المعايير لا تختلف أبدًا؛ لذا فصل العلماء بين العلوم «الصعبة» والعلوم الاجتماعية مثل علم

الاقتصاد؛ حيث أهواء الإنسان وحماقته المحضة جعلتْ من قوانينها الشمولية مستحيلة.

الأمور الأكثر إغراء للعلماء هي الثوابت الأساسية؛ لأنها أكثر تجريدًا وشمولية. ومن الواضح أنَّ القيمة العددية لحجم جسيم أو السرعة تتغير إذا قررنا - مجازًا - أنَّ المتر ينبغي أنْ يكون أطول، أو إذا انكمش الكيلوغرام فجأة. مع ذلك، الثوابت الأساسية لا تعتمد على القياس. إنها مثل الباي (π)، أرقام صحيحة وثابتة، وهي أيضًا شبه (π)، منبثقة من جميع أنواع السياقات التي تغري لقابلية الشرح ولكنها قاومتْ حتى الآن كل التفسيرات.

أفضل الثوابت اللابعدية المعروفة هو «ثابت البناء الدقيق» fine–structure constant، والذي يرتبط بالتقسيم الدقيق للإلكترونات. وباختصار، إنه يتحكم في كيفية ارتباط الإلكترونات السالبة بالنواة الموجبة بإحكام، كما

يحدد أيضًا مدى قوة بعض العمليات النووية. في الواقع، إذا كان ثابت البناء الدقيق - الذي سوف أشير إليه ألفا، لأنَّ هذا ما يسميه به العلماء - ألفا أصغر قليلاً مباشرة بعد الانفجار الكبير، فإنَّ الاندماج النوويَّ في النجوم ما كان ليحصل على ما يكفي من الحرارة لدمج الكربون. على العكس، لو زاد ألفا قليلاً، لتفككت ذرات الكربون جميعها قبل عصور؛ قبل أنْ تجد طريقها إلينا بوقت طويل. تجنُّب ألفا هذين الاختيارين اللذين أحلاهما مر جعل العلماء شاكرين بطبيعة الحال، ولكنهم في الوقت نفسه منزعجون جدًّا، لأنهم لا يستطيعون شرح كيفية نجاحه في هذا. حتى إن الفيزيائيّ ريتشارد فاينمان قال ذات مرة عن ثابت البناء الدقيق:

«جميع علماء الفيزياء النظرية الجيدين وضعوا هذا الرقم حتى على الجدار، وأصابهم القلق بشأنه... . إنه واحد من

أكبر الأسرار اللعينة في الفيزياء؛ إنه الرقم السحريُّ الذي جاء إلينا ولا يستطيع أنْ يفصح عن سره.

تاريخيًّا، ذلك لم يمنع الناس من محاولة كشف سر الغوامض، مثل العبارة: «منا منا تقيل وفرسين» علميًا [188] .nisrahpU lekeT ¡eneM ¡eneM

قدَّم الفلكي الإنجليزي آرثر إدينجتون البرهانَ التجريبيَّ الأول لنسبية أينشتاين خلال كسوف الشمس في عام 1919، اهتم كثيرًا بألفا. كان إدينجتون ميالاً - أو قل: موهوبًا - إلى العدادة (علم معاني الأرقام) [189]. وفي وقت مبكر من القرن العشرين، بعد أنْ تم قياس ألفا إلى حوالى 1/136، بدأ إدينجتون بتلفيق «البراهين» أنَّ ألفا تعادل بالضبط 1/136، ويرجع ذلك جزئيًّا إلى وجود ارتباط رياضيٍّ بين 666 æ136. (أحد الزملاء اقترح بسخرية إعادة كتابة سفر الرؤيا بعد أخذ هذه «الحقائق» في

الاعتبار). أظهرت القياسات في وقت لاحق أنَّ ألفا كانت أقرب إلى 1/137، ولكن إدينجتون رمى 1 في صيغته في مكان ما، واستمر كما لو أنَّ قلعة الرمل لن تنهار (أكسبه ذلك لقبًا خالدًا وهو: «السير آرثر زائد واحد»). أحد أصدقائه شاهد إدينجتون في وقت لاحق مزمجرًا في غرفة إيداع الملابس في ستوكهولم، وهو يصر على تعليق قبعته على المشجب رقم 137 تحديدًا.

تساوي ألفا اليوم 1/137.0359 أو نحو ذلك. بغض النظر، قيمتها تجعل الجدول الدوريَّ ممكنًا. إنها تسمح للذرات بالتواجد، وتسمح لها أيضًا بأنْ تتفاعل بقوة كافية لتشكيل المركبات، حيث إنَّ الإلكترونات لا تدور بحرية واسعة بعيدًا عن النواة، ولا ترتبط بها بشكل وثيق جدًّا في الوقت نفسه. وقد دفع هذا التوازن العادل العديدَ من العلماء إلى الاستنتاج بأنَّ الكون لا يمكن أن يكون قد تفتق من

ثابت البناء الدقيق عن طريق الصدفة. علماء الدين كانوا أكثر وضوحًا بقولهم إنَّ ألفا تثبت أنَّ الخالق قد «برمج» الكون لإنتاج كل الجزيئات وأشكال الحياة الممكنة. هذا هو السبب في أنها كانت بمثابة الصفقة الكبيرة في عام 1976 عندما قام العالم السوفياتي (الآن أمريكي) الذي يدعى ألكسندر شيلاكتر بفحص موقع غريب في أفريقيا يسمى أوكلو، وأعلن أنَّ ألفا - الثابت الأساسيَّ للكون - قد أصبحت أكبر.

أوكلو هي أعجوبة المجرة: مفاعل الانشطار النوويُّ الطبيعيُّ الوحيد المعروف في الوجود. أثَّر في الحياة منذ 1.7 مليار سنة، وعندما اكتشف عمال المناجم الفرنسيون الموقع الكامن في عام 1972، سبب ضجة علمية. زعم بعض العلماء أنَّ أوكلو لا يمكن أن يكون موجودًا، في حين انقضَّتْ بعض الجماعات الهامشية على أوكلو باعتباره

«دليل» على النظريات الغريبة التي تقول بوجود الحضارات الأفريقية المفقودة منذ زمن طويل والتي كانت تعرف الطاقة النووية. في الواقع، كما حدد العلماء النوويون، كان أوكلو يعمل بلا شيء سوى اليورانيوم، والمياه، والبكتيريا الزرقاء (أيْ طحالب البرك). وبالفعل، الطحالب في نهر قرب أوكلو تنتج الأكسجين الزائد بعد خضوعها لعملية التمثيل الضوئيِّ. جعل الأوكسجين المياه حمضية، حيث كلما تدفق تحت الأرض من خلال التربة المفككة، فإنه يحل اليورانيوم من القاع. كل اليورانيوم وقتها يكون لديه تركيز لصنع قنبلة جاهزة من نظير اليورانيوم 235، بحوالى أكثر من 3 في المئة، مقارنة مع 0.7 في المئة اليوم. لذلك، كان الماء متقلبًا بالفعل، وعندما تقوم الطحالب تحت الأرض بتصفية المياه، يتركز اليورانيوم في بقعة واحدة، وتتحقق الكتلة الحرجة.

مع أنها ضرورية، كانت كتلة حرجة غير كافية. بشكل عام، لحدوث سلسلة من التفاعل التسلسليِّ، يجب ألاّ تقذف أنوية اليورانيوم بواسطة النيوترونات، بل يجب أنْ تمتصها. عند انشطار اليورانيوم النقيِّ، تطلق ذراته نيوترونات «سريعة» تصطدم بمجاورتها مثل الحجارة في المياه. تلك النيوترونات الضائعة في الأساس عديمة القيمة. أصبح يورانيوم أوكلو نوويًّا فقط لأنَّ مياه النهر تبطئ النيوترونات بما يكفي لتقوم النوى المجاورة لها بإمساكها. وبدون الماء لا يبدأ التفاعل.

ولكن هناك ما هو أكثر من ذلك، من المعروف أيضًا أنَّ الانشطار ينتج حرارة. السبب في أنه ليست هناك حفرة كبيرة في أفريقيا اليوم هو أنه عندما يكون اليورانيوم ساخنًا فإنه يغلي الماء. ومع عدم وجود الماء، تصبح النيوترونات سريعة الامتصاص وتتوقف العملية. فقط عندما يبرد

اليورانيوم في الأسفل تصب المياه مرة أخرى، فتبطئ النيوترونات وتعيد تشغيل المفاعل. كان مفاعلاً نوويًّا مخلصًا قديمًّا، ذاتي التنظيم، استهلك 13000 باوند من اليورانيوم خلال 150,000 سنة في ستة عشر موقعًا في أنحاء أوكلو.

كيف جمَّع العلماء أجزاء الحكاية معًا بعد 1.7 مليار سنة؟! إنها العناصر. يتم خلط العناصر بدقة في القشرة الأرضية، وبالتالي إنَّ نسب النظائر المختلفة ينبغي أنْ تكون ثابتة في كل مكان. في أوكلو، كان تركيز اليورانيوم 0.003 إلى 0.3 في المئة أقل من العادي، ممثلة فرقًا كبيرًا. ولكن ما يؤكد أنَّ أوكلو كان مفاعلاً نوويًّا طبيعيًّا وليس من مخلفات عملية تهريب للإرهابيين المارقين هو الفائض من العناصر عديمة الفائدة مثل النيوديميوم. النيوديميوم يأتي معظمه في ثلاث صفات زوجية، 142؛

144æ¡146. تنتج مفاعلات انشطار اليورانيوم أرقامًا فردية من النيوديميوم بمعدلات أعلى من المعتاد. في الواقع، عندما حلل العلماء تركيزات النيوديميوم في أوكلو وطرحوا خارجًا النيوديميوم الطبيعيَّ، وجدوا أنَّ «ميزة» أوكلو النووية تطابق مفاعل الانشطار الحديث الذي من صنع الإنسان، يا له من أمر مدهش!

ومع ذلك، إذا طابق النيوديميوم، فإن العناصر الأخرى لم تتطابق. عندما قارن شيلاكتر نفايات أوكلو النووية بالنفايات الحديثة في عام 1976، وجد أنَّ القليل جدًّا من بعض أنواع الساماريوم قد تشكل. لم يكن هذا في حد ذاته مثيرًا جدًّا. ولكن، مرة أخرى، العمليات النووية استنساخ إلى درجة مذهلة؛ العناصر مثل الساماريوم لم تفشل في التشكل. لذا استطراد الساماريوم أوحى إلى شيلاكتر أنَّ شيئًا ما قد انسحب. ظنَّ أنه إذا كان ثابت البناء الدقيق أصغر عندما

أصبحتْ أوكلو نووية، لكان من السهل تفسير التباين. في هذا، سلك مسلك الفيزيائيِّ الهنديِّ بوز الذي لم يدَّعِ معرفة سبب شرح معادلاته «الخاطئة» حول الفوتونات كثيرًا؛ إنه يعرف فقط ما قامت به. كانت المشكلة أنَّ ألفا ثابت أساسيٌّ. لا يمكن أنْ يختلف؛ ليس وفقًا للفيزياء. الأسوأ بالنسبة للبعض، إذا اختلفت ألفا، ربما لا أحد (أو، بالأحرى، لا أحد فعلاً) قد «ضبط» ألفا لإنتاج الحياة بعد كل شيء.

مع وجود تحديات كثيرة على المحك في عملهم، قام العديد من العلماء منذ عام 1976 بإعادة تفسير رابط ألفا أوكلو وتحديده. التغييرات التي قاسوها كانت صغيرة جدًّا والسجلات الجيولوجية مجزأة بعد 1.7 مليار سنة. على ما يبدو، من غير المرجح أنَّه لا يوجد شخص سوف يثبت أيَّ شيء نهائيٍّ حول ألفا من بيانات أوكلو. ولكن مرة أخرى، لم

نقلل من قيمة طرح فكرة هناك. عمل شيلاكتر على الساماريوم، وفتح شهية العشرات من علماء الفيزياء الطموحين الذين أرادوا أنْ يتخلصوا من النظريات القديمة، ودراسة تغيير الثوابت الآن حقل نشط. أحد الدوافع لأولئك العلماء إدراك أنه حتى إذا تم تغيير ألفا قليلاً جدًّا منذ قبل 1.7 مليار سنة «فقط»، فربما تكون قد تحولتْ بسرعة خلال مليارات السنوات الأولى من الكون، وهو وقت اتسم بالفوضى البدائية. في واقع الأمر، وبعد دراسة النظام النجميِّ الذي يسمى أشباه النجوم وسحب الغبار بين النجوم، ادعى بعض علماء الفلك الأستراليين [190] أنهم اكشفوا أول دليل حقيقيٍّ على عدم الثبات.

الكوازارات أو أشباه النجوم ثقوب سوداء تنتزع وتفككك النجوم الأخرى، والقوة تطلق كتلاً متزايدة من الطاقة الضوئية. بطبيعة الحال، عندما حصل الفلكيون على معرفة

ذلك الضوء لم ينظروا للأحداث في وقتها الحقيقيِّ، ولكن للأحداث التي وقعتْ منذ فترة طويلة جدًّا؛ حيث إنَّ الضوء يستغرق وقتًا طويلاً لعبور الكون. ما فعله الأستراليون كان دراسة كيفية تأثير العواصف الهائلة من الغبار الفضائيِّ بين النجوم على ضوء أشباه النجوم القديمة. عندما يمر الضوء من خلال سحابة الغبار فإنَّ العناصر المتبخرة في السحابة تمتصه. ولكن، على عكس الشيء المعتم الذي يمتص كل الضوء، العناصر في السحابة تمتص الضوء عند ترددات محددة. وعلاوة على ذلك، على غرار الساعات الذرية، تمتص العناصر الضوء ليس من لون واحد ضيق، ولكن من لونين مقسمين بدقة شديدة.

حالف الحظ الأستراليين إلى حد ما مع بعض العناصر في سحب الغبار؛ اتضح أنَّ تلك العناصر بالكاد تلاحَظ لو

كانت ألفا تتذبذب كل يوم. لذا وسعوا بحثهم على العناصر مثل الكروم، والذي أثبت حساسية للغاية تجاه ألفا: كانت ألفا الصغرى في الماضي، الضوء الأكثر احمرارًا الذي يمتصه الكروم ومساحات أضيق بين مستوياته (الصول المنخفض) æ(الصول المرتفع). من خلال تحليل الفجوة التي أنتجها الكروم وغيره من العناصر منذ بلايين السنين بالقرب من أشباه النجوم ومقارنتها مع ذرات في المختبر اليوم، يمكن للعلماء الحكم ما إذا كانت ألفا قد تغيرتْ في تلك الأثناء. ورغم ذلك، مثل كل العلماء - وخاصة أولئك الذين يقترحون شيئًا مثيرًا للجدل - عبر الأستراليون عن نتائجهم التي توصلوا إليها بلغة علمية حول كذا وكذا فقط «كونها تتفق مع الفرضيات» من هذا وذاك، معتقدين أنَّ قياساتهم متناهية الصغر تشير إلى أنَّ ألفا تتغير بنسبة تصل إلى 0.001 في المئة خلال عشرة مليارات سنة.

الآن، بصراحة، قد تبدو كميةً سخيفة للتشاجر حولها، وكأنها مشاجرة بيل غيتس مع رجل على الرصيف حول مبلغ زهيد. ولكن الحجم أقل أهمية من إمكانية حدوث تغيير في الثابت الأساسيِّ[191]. طعن كثير من العلماء في النتائج القادمة من أستراليا، ولكن إذا كانت تلك النتائج قد أُيِّدت - أو إذا كان أيٌّ من العلماء الآخرين الذين يعملون على الثوابت المتغيرة وجدوا إثباتًا إيجابيًّا - فقد يعيد العلماء التفكير في الانفجار الكبير، لأنها القوانين الوحيدة فقط في الكون التي يعرفون أنها لم تتوقف منذ البداية. ومن شأن ألفا المتغيرة الإطاحة بفيزياء أينشتاين كما فعلتْ طريقة أينشتاين مع نيوتن، ونيوتن مع فيزياء القرون الوسطى. وكما يظهر في المقطع التالي، قد تُحدِث ألفا المتذبذبة ثورة أيضًا في كيفية استكشاف العلماء الكون بحثًا عن دلائل على وجود الحياة.

لقد التقينا بالفعل مع إنريكو فيرمي في ظروف سيئة، وعرفنا أنه مات نتيجة تسمم البريليوم بعد قيامه ببعض التجارب المتهورة، وحصل على جائزة نوبل لاكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم (التي لم يكتشفها!). ولكن، ليس من الإنصاف أنْ أترككم مع انطباع سلبيٍّ عن ذلك الشخص النشيط. أحب العلماء فيرمي عالميًّا وبلا تحفظ. إنه يحمل الاسم نفسه للعنصر مائة (الفرميوم)، ويعتبر آخر عالم عظيم ذي هدف مزدوج، النظرية التجريبية، فهو شخص يلطخ يديه بزيوت آلات المختبر وكذلك بالطباشير على السبورة بالقدر نفسه. وقد كان سريع التفكير. خلال لقاءاته العلمية مع زملائه، كانوا يحتاجون أحيانًا إلى الذهاب إلى مكاتبهم للبحث عن معادلات غامضة لحل نقطة ما، وغالبًا ما يعودون بدون الحل. أمّا فيرمي - غير قادر على الانتظار - فيحلّ المعادلة كاملة من الصفر، ويصل إلى

الجواب الذي يحتاجون إليه. في إحدى المرات، طلب من زملائه المبتدئين معرفة سُمك الغبار على نوافذ مختبره المتسخة بالملمتر قبل أنْ ينهار الغبار تحت وزنه وينفصل على الأرض! التاريخ لم يسجل الجواب، ولكنه سجَّل فقط[192] هذا السؤال المشاغب.

ولا حتى فيرمي، مع ذلك، يمكنه فهم سؤال واحد بسيط ومُلح. كما لوحظ في وقت سابق، العديد من الفلاسفة يتعجبون من أنَّ الكون يبدو منضبطًا لإنتاج الحياة؛ لأنَّ بعض الثوابت الأساسية لها قيمة «مثالية». وعلاوة على ذلك، يعتقد العلماء منذ فترة طويلة - بالروح نفسها التي يعتقدون فيها أنَّ الثانية لا ينبغي أنْ تعتمد على مدار كوكبنا - أنَّ الأرض ليست مثالية فلكيّاً. وبالنظر إلى الاعتيادية، فضلاً عن أعداد هائلة من النجوم والكواكب والدهور التي مرت منذ الانفجار العظيم (وبغض النظر عن المسائل

الدينية الحساسة) ينبغي للكون أنْ يعج بالحياة فعلاً. حتى الآن، نحن لم نلتقِ مخلوقات من حياة خارج الأرض قط، وإلى الآن لم نتلقَّ ردًّا على كلمة (مرحبًا!). كما كان فيرمي يفكر بتلك الحقائق المتناقضة على الغداء في أحد الأيام، صرخ في زملائه، كما لو أنه يتوقع جوابًا: «إذًا، أين البقية؟».

انفجر زملاؤه ضاحكين على ما يعرف الآن باسم «مفارقة فيرمي». ولكن علماء آخرين أخذوا فيرمي على محمل الجد، معتقدين أنهم يمكنهم أنْ يحصلوا على إجابة. جاءت أشهر محاولة في عام 1961، عندما وضع عالم الفيزياء الفلكية فرانك دريك ما يعرف الآن باسم معادلة دريك. مثل مبدأ الريبة، كان لدى معادلة دريك تفسير غامض. باختصار، إنها سلسلة من التخمينات حول: كمْ عدد النجوم الموجودة في المجرة؟ وما نسبة تلك الكواكب

الشبيهة بالأرض؟ وكم نسبة تلك الكواكب التي توجد بها حياة عاقلة؟ وما نسبة أشكال تلك الحياة التي تريد أنْ تقوم باتصال؟ وهكذا، حسب دريك في الأساس أنَّ عشر حضارات اجتماعية موجودة في مجرتنا. ولكن، مرة أخرى، كان الأمر مجرد تخمين رفضه العديد من العلماء على اعتبار أنه تفلسف فارغ؛ فكيف على الأرض، على سبيل المثال، يمكننا أنْ نُخضِع الكائنات الفضائية للتحليل النفسيِّ، لمعرفة نسبة الذين يرغبون في الدردشة؟!

ومع ذلك، إنَّ معادلة دريك مهمة؛ لأنها تحدد ما يحتاج إليه علماء الفلك لجمع البيانات، ووضع البيولوجيا الفلكية على أساس علميٍّ. ربما في يوما ما سوف ننظر إليها كنظرتنا للمحاولات المبكرة لتنظيم الجدول الدوريِّ. ومع التحسينات الكبيرة في الآونة الأخيرة في المراصد الفلكية وغيرها من أجهزة القياس السماوية، يملك علماء الأحياء

الفلكية الأدوات اللازمة لتقديم ما هو أكثر من التخمينات. في الواقع، استخلص تلسكوب الفضاء هابل وغيره الكثيرَ من المعلومات من القليل من البيانات التي يمكن لعلماء الأحياء الفلكية الآن الاعتماد عليها أفضل من دريك. إنها لا تضطر إلى انتظار قدوم الكائنات الذكية من خارج الأرض للبحث عنا، أو حتى تمسح الفضاء البعيد للبحث عن كائنات مرئية من بعيد مثل سور الصين العظيم؛ لأن العلماء قد يكونون قادرين على قياس الدليل المباشر عن الحياة - حتى الحياة الخرساء مثل النباتات الغريبة أو الميكروبات المتقيحة - من خلال البحث عن عناصر مثل المغنيسيوم.

من المعروف أنَّ المغنيسيوم أقل أهمية من الأكسجين أو الكربون، ولكن العنصر الثاني عشر يمكن أنْ يكون عونًا كبيرًا للمخلوقات البدائية؛ مما يتيح لها الانتقال من الجزيئات العضوية إلى واقع الحياة. تقريبًا جميع أشكال الحياة تستخدم

العناصر المعدنية بكميات ضئيلة لإنشاء الجزيئات الحيوية بداخلها وتخزينها أو نقلها. تستخدم الحيوانات في الأساس الحديدَ في الهيموغلوبين، ولكن أول أشكال الحياة وأنجحها - وخاصة طحالب البكتيريا الزرقاء - تستخدم المغنيسيوم. على وجه التحديد، الكلوروفيل (ربما الكيمياء العضوية الأكثر أهمية على الأرض؛ لأنه يحفز التمثيل الضوئيَّ عن طريق تحويل الطاقة الضوئية الشمسية إلى سكريات، أساس السلسلة الغذائية) ومتوج مع أيونات المغنيسيوم في وسطه. المغنيسيوم يساعد في وظيفة الحمض النوويّ الريبي منقوص الأكسجين (الدي إن أي) في الحيوانات بشكل صحيح.

رواسب المغنيسيوم على الكواكب تعني أيضًا وجود O2H السائل؛ الوسيط الأكثر احتمالاً لنشوء الحياة. مركبات المغنيسيوم تمتص الماء، لذلك حتى على الكواكب الصخرية الجرداء مثل المريخ، هناك أمل في العثور على البكتيريا آ

الأحافير البكتيرية) من بين أنواع الرواسب. على الكواكب المائية (مثل أكثر الأماكن التي يمكن وجود الحياة فيها خارج كوكب الأرض في نظامنا الشمسيِّ، كوكب قمر المشتري يوروبا)، يساعد المغنيسيوم على الحفاظ على سوائل المحيطات. لدى قمر يوروبا قشرة خارجية جليدية، ولكن المحيطات السائلة الضخمة تزدهر تحتها، وأدلة الأقمار الصناعية تشير إلى أنَّ تلك المحيطات مليئة بأملاح المغنيسيوم. ومثل أيِّ مواد منحلة، فإن أملاح المغنيسيوم تخفض نقطة تجمد الماء، حيث تبقى سائلة في درجات حرارة منخفضة. أملاح المغنيسيوم أيضًا تثير «نشاط المحلول الملحيِّ البركانيِّ» في الطبقات الصخرية تحت المحيطات. تلك الأملاح تضخم حجم المياه المنحلة فيه، والضغط الإضافيُّ الناتج من الحجم الإضافيِّ يقوي البراكين التي تقذف الماء الأجاج وتمخض أعماق المحيط. (الضغط

يشقق أيضًا القمم الجليدية على السطح، ويسرب الجليد الغني بالماء في المحيط؛ وهو الأمر الجيد، لكون الفقاعات داخل الجليد مهمة في خلق الحياة). وعلاوة على ذلك، يمكن لمركبات المغنيسيوم (وغيرها) توفير المواد الخام لبناء الحياة من خلال تآكل المواد الكيميائية الغنية بالكربون في قاع المحيط. هبوط مسبار، أو رؤية نباتات حية خارج الأرض، والكشف عن أملاح المغنيسيوم بشكل واضح في الكوكب الخالي من الهواء علامات جيدة على أنَّ شيئًا ما مثل الحياة العقلية الحيوية قد يحدث هناك.

ولكن، دعنا نقول إنَّ قمر يوروبا قاحل. على الرغم من أنَّ عمليات البحث عن الحياة خارج الأرض البعيدة أصبحت أكثر تطورًا من الناحية التكنولوجية، فإنها لا تزال ترتكز على افتراض واحد كبير: هو أنَّ العلم نفسه الذي يتحكم بنا في كوننا صحيحٌ في المجرات الأخرى، وفي أوقات أخرى.

ولكن، إذا تغيرت ألفا مع مرور الوقت، فإنَّ صورة الحياة الغريبة المحتملة يمكن أنْ تكون هائلة.

تاريخيًّا، ربما لم توجد الحياة حتى «هدأت» ألفا بما فيه الكفاية للسماح لذرات الكربون المستقرة للتشكل، وربما بعد ذلك نشأت الحياة دون عناء. ولأنَّ أينشتاين أكد أنَّ المكان والزمان متشابكان، فإنَّ بعض الفيزيائيين يعتقدون أنَّ تغييرات ألفا في الوقت يمكن أنْ تشير إلى تغييرات ألفا عبر الفضاء. ووفقًا لهذه النظرية، تمامًا كما نشأت الحياة على الأرض وليست على القمر بسبب وفرة المياه والغلاف الجويِّ على الأرض، ربما لم تنشأ الحياة على أيِّ كوكب عشوائيٍّ متوارٍ في الفضاء؛ لأن هنا فقط توجد الشروط الكونية المناسبة للذرات الثابتة والجزيئات الكاملة. وهذا من شأنه حل مفارقة فيرمي بشكل أسهل: لم يرد علينا أحد لأنه لا أحد هناك!

في هذه اللحظة، تميل الأدلة نحو الاعتيادية في الأرض. واستنادًا إلى اضطرابات جاذبية النجوم البعيدة، يعرف علماء الفلك الآن الآلاف من الكواكب، وهو ما يقوي احتمال وجود حياة في مكان آخر. ومع ذلك، إنَّ النقاش الكبير من البيولوجيا الفلكية حول ما إذا كانت الأرض وتمدد البشر سيكون لهما مكان متميز في الكون. البحث عن حياة خارج الأرض ستأخذ كل شيء من عبقرية القياس لدينا، وربما مع بعض المربعات المنسية في الجدول الدوريِّ. كل ما نعرفه على وجه اليقين هو أنه إذا قام فلكيٌّ بالنظر بالتلسكوب إلى تجمعات نجمية في الليل، ووجد الأدلة الدامغة على وجود الحياة خارج الأرض، حتى آكلات الميكروبات، فإنه سيكون أهم اكتشاف للغاية، إذ سيكون دليلاً على أن البشر ليسوا مثاليين جدًّا. إلا أننا موجودون أيضًا، ويمكن أنْ نفهم ونقوم بمثل هذه الاكتشافات.

الفصل التاسع عشر:
أعلى (وأسفل) الجدول الدوريّ للعناصر الكيميائية

In Ac Es At Fr

بالقرب من حافة الجدول الدوريِّ، توجد معضلة تتمثل في أنَّ العناصر المشعة للغاية تكون نادرة دائمًا؛ لذلك ستظنُّ أنَّ العنصر الذي يتفكك بسهولة يكون أكثر ندرة. وعنصر الفرانسيوم فائق الهشاشة الذي يتأثر بسرعة وكليًّا كلما ظهر في قشرة الأرض هو في الواقع نادرٌ أيضًا. الفرانسيوم ينتهي من الوجود في فترة زمنية أسرع من أيِّ ذرة طبيعية أخرى. ومع ذلك، يوجد عنصر واحد حتى الآن أكثر

ندرة من الفرانسيوم. إنها مفارقة، وحل التناقض في الواقع يتطلب ترك الحدود المريحة من الجدول الدوريِّ. إنه يتطلب معرفة ما ينتظره علماء الفيزياء النووية من العالم الجديد (أمريكا) لقهر «جزيرة الثبات»[193] «ytilibats fo dnalsi» وهذا أكثر ما يطمحون إليه، وربما هو الأمل الوحيد في توسيع الجدول خارج حدوده الحالية.

كما نعلم، إنَّ 90 في المئة من الجسيمات في الكون هي الهيدروجين، و 10 في المئة الأخرى هي الهيليوم. كل شيء آخر، بما في ذلك ستة ملايين مليار مليار كيلوجرام من الأرض، هو خطأ تقريب فلكيّ. وفي هذه الستة ملايين مليار مليار كيلوجرام، فإن الكمية الإجمالية للأستاتين - أكثر العناصر الطبيعية ندرة - أوقية واحدة. لتقريب الفكرة، إليك هذا التشبيه للتوضيح: تخيل أنك فقدتَ سيارتك (الأستاتين) الخاصة بك في مرأب كبير للسيارات، وليست

لديك فكرة عن مكانها. وتخيل الضجر الذي تشعر به وأنت تتجول وتبحث عن سيارتك بين صفوف السيارات في كل الطوابق. لمحاكاة البحث عن ذرات الأستاتين داخل الأرض، تخيل أنَّ مرأب السيارات يمكن أنْ يكون بسعة نحو 100 مليون موقف، ومقسمًا إلى 100 مليون صف، بارتفاع 100 مليون طابق. سيكون هناك 160 مرأبًا متطابقًا تمامًا؛ مثل هذا المرأب الكبير، وفي جميع تلك المباني، ليست هناك إلاّ سيارة (أستاتين) واحدة فقط؛ أعتقد أنه من الأفضل لك أنْ تعود إلى منزلك سيرًا!

إذًا، الأستاتين نادر جدًّا، ومن الطبيعيِّ أنْ نسأل: كيف تمكَّن العلماء من معرفته وإحصائه؟ والجواب هو أنهم خدعوا قليلاً. أيُّ أستاتين وُجد في الأرض في وقت مبكر يستمر طويلاً حتى يتفكك الإشعاع، ولكن العناصر المشعة الأخرى تنحل في بعض الأحيان إلى الأستاتين بعد أنْ

تطلق جسيمات ألفا أو بيتا. ومن خلال معرفة الكمية الإجمالية للعناصر الأصلية (عادة العناصر بالقرب من اليورانيوم) وحساب احتمالات انحلال كل هذا إلى الأستاتين، يستطيع العلماء معرفة بعض الأرقام المعقولة عن عدد ذرات الأستاتين الموجودة، وهذا ينطبق على عناصر أخرى أيضًا. على سبيل المثال، يوجد في أيِّ لحظة من عشرين إلى ثلاثين أوقية على الأقل من (الفرانسيوم) المجاور للأستاتين في الجدول الدوريِّ.

من الغريب جدًّا، أنَّ الأستاتين هو في الوقت نفسه أقوى بكثير من الفرانسيوم. إذا كانت لديك مليون ذرة من النوع الأطول عمرًا من الأستاتين، فسوف تتحل في أربعمئة دقيقة. ومن شأن عينة مماثلة من الفرانسيوم أنْ تتماسك لمدة عشرين دقيقة فقط. الفرانسيوم هش جدًّا. إنه غير مُجدٍ في الأساس، وعلى الرغم من أنَّ هناك (بالكاد) ما يكفي من

ذلك في الأرض ليكشف عنه الكيميائيون مباشرة، فلم يقم أحدٌ من قبل بجمع ما يكفي من ذرات منه لصنع عينة مرئية؛ ولو فعلوا ذلك، فسيكون ذلك مشعًّا بشكل مكثف، وسيقتلهم على الفور. (سجل التجمع المفاجئ الحالي للفرانسيوم هو عشرة آلاف ذرة).

على الأرجح، لم ينتج أحد من قبل عينة مرئية من الأستاتين، ولكن على الأقل هو جيد كنظير مشع سريع المفعول يُستخدم في الطب. في الواقع، حدد العلماء - بقيادة صديقنا القديم إميليو سيغري - الأستاتين في عام 1939¡ وحقنوا عينة منه في كابياء خنزيرية [194] لدراسته. ولأنَّ الأستاتين يقع تحت اليود في الجدول الدوريِّ؛ فإنه يتصرف مثل اليود في الجسم، وهكذا تتم تصفيته بشكل انتقائيٍّ ويتركز في الغدة الدرقية لدى القوارض، يبقى الأستاتين

العنصر الوحيد الذي تم تأكيد اكتشافه من قبل الثدييات غير الرئيسة.

التبادلية الغريبة بين الأستاتين والفرانسيوم تبدأ في النواة. هناك، كما هو الحال في جميع الذرات، تبذل كلتا القوتينْ - القوة النووية القوية strong nuclear force (والتي تكون دائمًا جاذبة) والقوة الكهروستاتيكية electrostatic force (والتي يمكنها صد الجسميات) - جهدًا من أجل الهيمنة. على الرغم من أنها من أقوى أربع قوى طبيعة أساسية، فإنَّ القوة النووية القوية لديها قوة أذرع قصيرة تافهة، فكر بالتيرانوصور[195]. إذا ابتعدتْ الجسيمات أكثر من جزء من ترليون من الإنش الواحد فإنَّ القوة تضعف؛ لهذا السبب، فإنه نادرًا ما تعمل خارج النوى والثقوب السوداء. أيضًا، إنها أقوى مائة مرة أكثر داخل نطاقها من القوة الكهروستاتيكية.

هذا أمر جيد؛ لأنها تُبقي البروتونات والنيوترونات مرتبطة معًا بدلاً من السماح للقوة الكهروستاتيكية بتفكيك النوى.

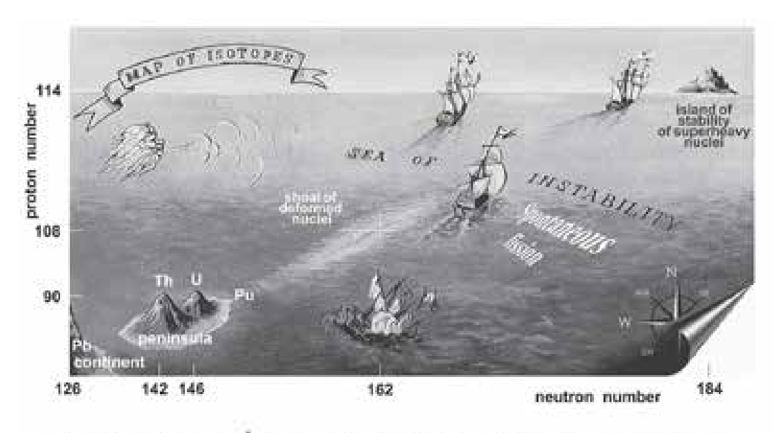
عندما تحصل على أنوية بحجم الأستاتين والفرانسيوم، يرتبط النطاق المحدود في الواقع بالقوة النووية القوية، وتجد النوى صعوبة في ربط جميع البروتونات والنيوترونات معًا. الفرانسيوم لديه سبعة وثمانون من البروتونات، من الصعب الإمساك بها من قِبل تلك القوة. وله 130 ونيف من النيوترونات تعزل الشحنات الموجبة بشكل جيد، ولكن أيضًا تضيف كميات كبيرة لا يمكن للقوة النووية القوية أنْ تصل عبر النواة لقمع الصراع الداخليِّ، هذا يجعل الفرانسيوم (والأستاتين، لأسباب مماثلة) غير مستقريْن إلى حد كبير. ويستنتج من ذلك أنَّ إضافة المزيد من البروتونات من شأنه أنْ يزيد التنافر الكهربائيَّ؛ مما يجعل الذرات أثقل من الفرانسيوم، وحتى أضعف.

هذا نوعِ فقط من الصحة، على الرغم من ذلك. تذكر أنَّ ماريا غوبرت ماير («أم سان دييغو تحصل على جائزة نوبل») طورتْ نظرية حول العناصر «السحرية» ذات العمر الطويل، الذرات مع اثنين، وثمانية، وعشرين، وثمانية وعشرين، وما إلى ذلك، البروتونات أو النيوترونات التي كانت مستقرة إلى حد كبير. الأعداد الأخرى من البروتونات أو النيوترونات، مثل اثنين وتسعين، تشكل أيضًا أنوية مستقرة ومحكَمة إلى حد ما، حيث تستطيع القوة النووية القوية المقيدة أنْ تشدد قبضتها على البروتونات. وهذا هو السبب في أنَّ اليورانيوم أكثر استقرارًا من كلٍّ من الأستاتين أو الفرانسيوم؛ على الرغم من كونه أثقل. وأنت تتحرك بين عناصر أسفل الجدول الدوريِّ عنصرًا بعد عنصر، تجد الصراع بين القوى النووية القوية والقوة الكهروستاتيكية يشبه تراجع مؤشر سوق الأوراق المالية، مع الاتجاه النزولي العام

في الاستقرار، ولكن مع العديد من التذبذبات والتقلبات عندما تكون إحدى القوى لها اليد العليا على الجهة أخرى[196].

وبناءً على هذا النمط السائد، يفترض العلماءُ أنَّ العناصر بعد اليورانيوم سيقترب عمرها الافتراضيُّ من 0.0. ولكن لأنها تلمَّستْ طريقها إلى الأمام مع العناصر فائقة الثقل في الخمسينيات والستينيات، فقد حدث شيء غير متوقع؛ من الناحية النظرية، الأعداد السحرية تمتد إلى ما لا نهاية، واتضح أنَّ هناك نواة شبه مستقرة بعد اليورانيوم، في العنصر 114. وبدلاً من كونها أكثر استقرارًا بشكل طفيف، العلماء في (أين أيضًا؟) بيركلي حسبوا أنَّ العنصر 114 قد يبقي القيمة الأسية أطول من العناصر الثقيلة العشرة التي سبقته. بالنظر إلى فترة الحياة القصيرة المؤسفة للعناصر الثقيلة (ميكروثانية في أحسن الأحوال) كانت هذه فكرة

عاصفة غير بديهية. تعبئة النيوترونات والبروتونات في معظم العناصر التي من صنع الإنسان مثل تعبئة المتفجرات، حيث إنك تضع المزيد من الضغط على النواة. حتى الآن مع العنصر 114، تعبئة (تي إن تي) أكثر يبدو أنه جعل القنبلة أكثر استقرارًا. تمامًا وبغرابة، العناصر مثل 112æ116 على ما يبدو (على الورق على الأقل) تحصل



خريطة متخيلة من «جزيرة الثبات» «island of stability». وهي تجمُّع من العناصر فائقة الثقل التي يأمل العلماء أنْ تتيح لهم أنْ يوسعوا الجدول الدوريّ أبعد من حده الحالي. لاحظ قارة الرصاص المستقر (Pb) التي تتواجد في وسط الجدول الدوري، والخندق المائي من العناصر غير المستقرة، وقمتي عنصرَي الثوريوم واليورانيوم الصغيرتين شبه المستقرتين عند انفتاح البحر. (المعهد المشترك للأبحاث النووية، دوبنا، روسيا)

على فوائد من وجودها قريبة من بروتونات العنصر

114. حتى البقاء حول هذا العدد شبه السحريِّ يهدئها، بدأ العلماء بتسمية هذه المجموعة من العناصر جزيرة الثبات.

افتتانًا بهذا التشبيه، وإعجابًا بأنفسهم كمستكشفين شجعان، بدأ العلماء يستعدون لغزو الجزيرة. وتحدثوا عن العثور على جزيرة العناصر الأسطورية «أتلانتيس» والبعض منهم، فعل مثل بحارة الزمن القديم، الذين أنتجوا «مخططات» كتبت حبر السبيدج لبحار نووية غير معروفة. (كنت تتوقع إلى حد ما أنْ ترى الكراكن مرسومة في المياه). وعلى مدى عقود الآن، إن محاولات الوصول إلى تلك الواحة من العناصر فائقة الثقل قدمت واحدًا من المجالات الأكثر إثارة في الفيزياء. لم يصل العلماء إلى الأرض بعد (للحصول على عناصر مستقرة حقًّا، وسحرية على نحو مضاعف، فإنهم يحتاجون إلى معرفة سبل لإضافة المزيد

من النيوترونات إلى أهدافهم)، ولكنهم في المياه الضحلة في الجزيرة، يخوضون في الماء بحثًا عن المَرسى.

بالطبع، جزيرة الثبات تعني امتداد الاستقرار المغمور المرتكز على الفرانسيوم. العنصر سبعة وثمانون تقطعت به السبل بين النواة السحرية في العنصر اثنين وثمانين والنواة شبه المستقرة في العنصر اثنين وتسعين، وإنه يغري نيوتروناته وبروتوناته بشدة للتخلي عن السفينة والسباحة. في الواقع، بسبب ضعف أساس تركيب نواته، الفرانسيوم ليس فقط أقل العناصر الطبيعيّة استقرارًا، بل إنه أقل استقرارًا من كل عنصر اصطناعيٍّ يصل إلى العنصر 104، الرذرفورديوم صعب المراس. إذا كان هناك «خندق من عدم الثبات» فإنَّ الفرانسيوم هو الفقاعات المغرغرة في قاع خندق ماريانا[197].

ومع ذلك، إنه أكثر وفرة من الأستاتين. لماذا؟ لأنَّ العديد من العناصر المشعة حول اليورانيوم تتحل إلى الفرانسيوم عند تفككها. لكن الفرانسيوم، بدلاً من القيام بتحلل ألفا العادي وبالتالي تحويل نفسه (من خلال فقدان اثنين من البروتونات) إلى الأستاتين، يبت في أكثر من 99.9 في المئة من الفترة لتخفيف الضغط في نواته من خلال الخضوع لتحلل بيتا ويصبح الراديوم. ثم يخضع الراديوم لسلسلة من تحلل ألفا تقفز خلال الأستاتين. وبعبارة أخرى، إنَّ مسار العديد من الذرات المتحللة يؤدي إلى توقُّف قصير على الفرانسيوم، بالتالي عشرين إلى ثلاثين أوقية منه. في الوقت نفسه، ينقل الفرانسيوم الذرات بعيدًا عن الأستاتين؛ مما يسمح للأستاتين أن يبقى نادرًا... حُلت المعضلة!

الآن، بعد أنْ قمنا بسبر الخنادق، ماذا عن جزيرة الثبات تلك؟ من المشكوك فيه أنَّ الكيميائيين سوف يصنعون كل

العناصر التي تصل إلى أرقام سحرية عالية جدًّا. ولكن، ربما يمكنهم تصنيع العنصر 114 المستقر، ثم 126، ثم ينقلون من هناك. يعتقد بعض العلماء أيضًا أنَّ إضافة الإلكترونات إلى الذرات الثقيلة جدًّا يمكن أنْ تحقق الاستقرار في نواها، فيمكن أنْ تعمل الإلكترونات بمثابة نوابض وصدمات لامتصاص الطاقة التي تكرسها الذرات عادة لتمزيق نفسها. إذا كان هذا صحيحًا، فربما تكون العناصر 140؛ 160؛ 180 ممكنة. إنَّ جزيرة الثبات ستصبح سلسلة من الجزر، ومن شأن هذه الجزر المستقرة أنْ يكون بعضها بعيدًا عن البعض الآخر. ولكن، ربما يكون هناك ما يشبه قوارب جزر بولنيزيا [198] التي يمكن للعلماء على متنها عبور بعض المسافات الهائجة في أرخبيل دوريٍّ جديد.

الجزء المثير هو أنَّ تلك العناصر الجديدة، بدلاً من كونها مجرد أنواع أثقل مما نعرفه بالفعل، يمكنْ أنْ تكون

لها خصائص جديدة (تذكر كيف يخرج الرصاص من الكربون والسيليكون). وفقًا لبعض الحسابات، إذا استطاعت الإلكترونات ترويض النوى فائقة الثقل وجعلها أكثر استقرارًا، يمكن لهذه النوى التلاعب بالإلكترونات. أيضًا في هذه الحالة، قد تملأ الإلكترونات مستويات الذرات ومداراتها في ترتيب مختلف. تجعل العناصر على الجدول المعادن الثقيلة عادية، وتملأ غلاف الثمانية أولاً، وتتصرف مثل الغازات النبيلة المعدنية بدلاً من ذلك.

ليست غطرسة، ولكن العلماء لديهم بالفعل أسماء لتلك العناصر الافتراضية. ربما لاحظتَ أنَّ العناصر الثقيلة على طول الجزء السفليِّ من الجدول على ثلاثة أحرُف بدلاً من اثنين، وأنَّ كلاً منها يبدأ بالحرف u. مرة أخرى، إنه تأثير اللاتينية واليونانية. العنصر الذي لم يُكتشف حتى الآن هو 119¡ Uue، هو un•un•ennium؛ العنصر 122¡

Ubb، هو un•bi•bium [199]؛ وهلم جرًّا. هذه العناصر سوف تصبح بأسماء «حقيقية» إذا كُونت، ولكن يمكن للعلماء الآن كتابتها - والتخطيط لعناصر أخرى ذات أهمية، مثل الرقم السحري 184؛ un•oct•quadium - مع بدائل اللاتينية. (والحمد لله، بالنسبة لهم، مع وفاة وشيكة لنظام التسمية الثنائية [200] في البيولوجيا - النظام الذي أعطانا اسم قطٍّ المنزل Felis catus كاسم علميٍّ يجري تدريجيًّا استبداله بكروموسومات الحمض النوويّ «الرموز الشريطية»[201]؛ لذا وداعًا أيها «الإنسان العاقل» «Homo sapiens». - تبقى عناصر u حول معاقل هيمنة اللغة اللاتينية في مجال العلوم)[202].

لذا، ما مدى الأمل في أنْ تتوسع هذه الجزيرة؟ هل يمكن أنْ نشاهد القليل من البراكين تحت الجدول الدوريِّ إلى الأبد، وهو يتوسع ويتمتد وصولاً إلى أوسع من Eee¡

enn•enn•ennium، العنصر 999، أو حتى بعده؟ لا. حتى لو توصل العلماء إلى كيفية لصق العناصر الثقيلة معًا، وحتى لو هبطتْ بقوة على جزر ثبات أبعد، فإنها سوف تتجرف في البحار المضطربة.

السبب يعود مرة أخرى إلى ألبرت أينشتاين وأكبر فشل في مسيرته. وعلى الرغم من اعتقاد جديٍّ لمعظم معجبيه، لم يفز أينشتاين بجائزة نوبل عن النظرية النسبية الخاصة أو العامة. بل فاز لشرحه تأثيرًا غريبًا في ميكانيكا الكم؛ التأثير الكهروضوئيّ. قدم حله أول دليل حقيقيٍّ على أن ميكانيكا الكم ليست بديلاً أوليًا مؤقتًا لتبرير التجارب الشاذة، ولكنها في الواقع تتوافق حقيقة. وحقيقة أنَّ أينشتاين جاء بها فأمر السخرية لسببين: أنه أصبح كبيرًا وأكثر مزاجية، ولأنه أبدى عدم الثقة بميكانيكا الكم. بدتْ له طبيعته الإحصائية والاحتمالية العميقة أكثر من اللازم مثل القمار، ودفعه ذلك

إلى الاعتراض. لكنه كان مخطئًا، وإنه أمر سيئ للغاية أنَّ معظم الناس لم يسمعوا قط التعقيب الذي كتبه نيلز بور: «أينشتاين! *توقف عن هذا القول*».

ثانيًا، على الرغم من أنَّ أينشتاين أمضى حياته المهنية في محاولة لتوحيد ميكانيكا الكم والنسبية إلى «نظرية كل شيء» متماسكة ورشيقة، إلا أنه فشل. الحقيقة، ليس تمامًا، فأحيانًا عندما تلتمس النظريتان، فإنهما تكملان بعضهما بعضًا ببراعة: تصحيح الطاقة الحركية النسبية لسرعة الإلكترونات يساعد في تفسير سبب كون الزئبق (العنصر الذي أبحث عنه دائمًا) سائلاً وليس صلبًا في درجة حرارة الغرفة. ربما لم يكوِّن أحدٌ عنصرًا يحمل اسمه الرقم تسعة وتسعين، أينشتاينيوم، دون معرفة كلتا النظريتين. ولكن عمومًا، أفكار أينشتاين في الجاذبية، وسرعة الضوء، والنسبية لا تتناسب تمامًا مع ميكانيكا الكم. في بعض

الحالات التي تأتي متصلة بالنظريتين، مثل داخل الثقوب السوداء، كل المعادلات الجميلة تنهار.

هذا الانهيار يمكن أنْ يضع حدودًا على الجدول الدوريِّ. للعودة إلى تشبيه الإلكترون بالكوكب، تمامًا كما ينطلق عطارد بسرعة حول الشمس مرة كل ثلاثة أشهر، بينما يستمر نبتون في الدوران لمدة 165 عامًا، فإن مدارات الإلكترونات الداخلية تدور بسرعة أكبر بكثير حول نواة من الإلكترونات في المستويات الخارجية. السرعة المحددة تعتمد على النسبة بين عدد البروتونات الموجودة وألفا ثابت البناء الدقيق الذي ناقشناه في الفصل السابق. كلما أصبحت النسبة أقرب وأقرب إلى واحد، انطلقت الإلكترونات أقرب وأقرب إلى سرعة الضوء. ولكن، تذكر أنَّ ألفا هي (كما نعتقد) ثابتة في 1/137 أو نحو ذلك. أكثر من 137 بروتونًا، يبدو أن الإلكترونات الداخلية تصبح أسرع من

سرعة الضوء؛ الأمر الذي - وفقًا لنظرية النسبية لأينشتاين - لا يمكن أنْ يحدث أبدًا.

هذا العنصر الأخير افتراضًا هو 137، وغالبًا ما يسمى (فاينمبينم) «feynmanium» من اسم ريتشارد فاينمان، عالم الفيزياء الذي لاحظ هذا أولاً. وهو أيضًا الذي سمى ألفا «واحد من الأسرار اللعينة في هذا الكون العظيم»، والآن يمكنك أنْ ترى لماذا. عند التقاء ميكانيكا الكم كقوة لا تقاوم مع الجسم الثابت في النسبية ويتجاوزا (الفاينمبينم)، هناك شيء ما يقدم، لا أحد يعرف ما هو.

بعض علماء الفيزياء - هذا النوع من الناس الذين يعتقدون بجدية في إمكانية التحرك عبر الزمن - يعتقدون أنَّ النسبية قد تكون ثغرة تسمح لجسيمات خاصة (وملائمة، وغير قابلة للملاحظة) تسمى التكيون tachyons äÃu تتحرك أسرع من الضوء في 186,000 كيلومتر في الثانية

الواحدة. المشكلة مع التكيون هي أنه قد يتحرك إلى الوراء في الزمن. لو قام الكيميائيون البارعون يومًا ما بتكوين فاينميينم زائد واحد، un•tri•octium، فهل ستصبح إلكتروناته الداخلية متحركة عبر الزمن، في حين أنَّ بقية الذرات تمكث هادئة؟ ربما لا. قد تضع سرعة الضوء حدًّا أقصى صارمًا على حجم الذرات التي من شأنها طمس تلك الجزر الخيالية من الثبات على أكمل وجه مثل اختبارات القنبلة النووية على الجزر المرجانية في الخمسينيات.

فهل يعني ذلك أنَّ الجدول الدوريَّ سيكون مفلسًا قريبًا وثابتًا ومجمدًا وأحفوريًّا؟

لا، لا، ولا مرة أخرى.

***

لو زارتنا كائنات من خارج الأرض، وقامت بالهبوط والتنزه هنا، فليس هناك ضمان لقدرتنا على التواصل معها؛ حتى لو تجاوزنا حقيقة واضحة وهي أنها لن تتكلم لغة «الأرض». قد تستخدم الفيرومونات [203] أو نبضات من الضوء بدلاً من الأصوات. قد تكون أجسامها أيضًا - ولو أنه احتمال ضعيف - ليست مصنوعة من الكربون، وتنشر سمومها بمجرّد وجودها حولنا. حتى لو اقتحمنا عقولها، فقد لا تدري شيئًا عن همومنا الأولية: الحب، الدين، الاحترام، الأسرة، المال، السلام؛ فيكون الموضوع الوحيد الذي يمكننا أنْ نطرحه أمامها - ونحن متأكدون من أنها سوف تفهمه - هو الأرقام، مثل الباي والجدول الدوريِّ.

بالطبع، هذا يجب أنْ يكون من خصائص الجدول الدوريِّ؛ حيث إنَّ معيار القلاع ذات الأبراج الذي يبدو في جدولنا، وعلى الرغم من أنه محفور في الجزء الخلفيِّ من

كل كتاب كيمياء موجود، فهو مع ذلك يمثل فرصة واحدة فقط لترتيب العناصر. الكثير من أجدادنا عاشوا مع جدول مختلف، واحد من ثمانية أعمدة. بدا الأمر أشبه بالتقويم التاريخي، مع جميع صفوف المعادن الانتقالية نصف مثلثات في مربعات، مثل تلك الأيام 30æ31 في أشهر التقويم المرتب بشكل سيئ. بشكل مريب أقحم بعض الناس اللانثانيدات في صُلب الجدول، وخلقوا حالة من الازدحام الفوضويِّ.

لم يفكر أحد في أنْ يعطي المعادن الانتقالية مساحة أكبر قليلاً، حتى جاء غلين سيبورغ وزملاؤه من جامعة كاليفورنيا في بيركلي فجددوا الجدول الدوريَّ بالكامل بين أواخر الثلاثينيات وأوائل الستينيات. لم يكن التجديد مجرد إضافة عناصر. أدركوا أيضًا أنَّ عناصر مثل الأكتينيوم لم تنسجم مع المخطط الذي كانوا يعملون عليه؛ مع أنه يبدو

غريبًا أنْ أقول هذا، ولكن الكيميائيين قبل هذا لم يأخذوا المبدأ الدوريَّ على محمل الجد بما فيه الكفاية. إنهم يعتقدون أنَّ اللانثانيدات في كيميائهم المزعجة استثناءات في قواعد الجدول الدوريِّ العادي، وأنه لا عناصر تحت اللانثانيدات تخفي الإلكترونات وتحيد عن كيمياء المعادن الانتقالية بالطريقة نفسها. لكن كيمياء اللانثانيدات تتكرر. إنها تحتوي على - وهذه ضرورة حتمية للكيمياء - خصائص العناصر التي تتعرف عليها الكائنات من خارج الأرض. وإنها سوف تتعرف عليها؛ تمامًا كما قرر سيبورغ أنَّ العناصر تختلف في شيء جديد وغريب مباشرة بعد الأكتينيوم، العنصر تسعة وثمانين.

كان الأكتينيوم هو العنصر الأساسيَّ في إعطاء الجدول الدوريِّ شكلَه الحديث، منذ أنَّ قرر سيبورغ وزملاؤه جمع كل العناصر الثقيلة المعروفة في ذلك الوقت - في مجموعة

تسمى الآن الأكتينيدات، من اسم أول شقيق لها - وتطويقها في الجزء السفليِّ من الجدول. تلك العناصر وهي تتحرك، قررتْ إعطاء المعادن الانتقالية مساحة أكثر أيضًا، وبدلاً من حشوها في مربعات مقسومة إلى مثلثين، أضافوا عشرة أعمدة إلى الجدول. هذا جعل المخطط ذا معنى لدرجة أنَّ الكثير من الناس قلدوا سيبورغ. استغرق الأمر بعض الوقت لدى المتعصبين الذين فضلوا الجدول القديم، ولكن في السبعينيات تحول التقويم الدوري أخيرًا ليصبح القلعة الدورية؛ حصن الكيمياء الحديثة.

لكن، من الذي يقول إنَّ هذا الشكل هو الشكل المثاليُّ؟ هيمن الشكل العمودي منذ وقت مندليف، ولكن مندليف نفسه صمم ثلاثين جدولاً دوريًّا مختلفًا، ومنذ السبعينيات وضع العلماء أكثر من سبعمائة شكل مختلف. بعض الكيميائيين يرغبون في فصل البرج الموجود على أحد الجوانب وتعليقه

على الآخر. وبالتالي، إن الجدول الدوري سيشبه السلم المضطرب. ارتكب الآخرون خطأ مع الهيدروجين والهيليوم، حيث وضعوهما في عمودين مختلفين للتأكيد على أنَّ هذيْن العنصريْن من غير قاعدة الثمانية وضعا نفسيهما في أوضاع غريبة كيميائيًّا.

حقًّا، بمجرد بدء العمل مع شكل الجدول الدوريِّ، ليس هناك سبب لحصر نفسك في أشكال مستقيمة [204]. أحد الجداول الدورية الحديثة الدالة على ذكاء، هو جدول يشبه قرص العسل؛ مع كل صندوق سداسيٍّ يلتف لولبيًّا إلى الخارج بأذرع أوسع وأوسع من الهيدروجين الذي في الوسط. علماء الفلك وعلماء الفيزياء الفلكية قد يرغبون في شكل يكون فيه الهيدروجين وكأنه «الشمس» يقع في وسط الجدول، وجميع العناصر الأخرى تدور مثل الكواكب مع

الأقمار. وقد رسم علماء الأحياء في الجدول الدوريِّ على الحلزونات، مثل حمضنا النوويِّ (الدي إن أي)، ورسم المهووسون الجداول الدورية حيث الصفوف والأعمدة تضاعف نفسها وتلتف حول الورقة مثل لعبة بِرجِيس Parcheesi. حتى إنَّ شخصًا ما حصل على براءة اختراع من الولايات المتحدة رقم (# 6361324) لابتكاره لعبة مكعبات روبيك الهرمية بوجوه قابلة للفِّ، تعبِّر عن العناصر.

حتى إنّ عشاق الموسيقى، مالوا لرسم العناصر على المدرجِ الموسيقيِّ! وصديقنا القديم وليام كروكس، الباحث الروحانيّ، صمم اثنين من الجداول الدورية في تصاميم إبداعية؛ أحدهما يشبه آلة العود، والآخر مثل شكل البسكويتة المملحة. جداولي المفضلة هي التي على شكل هرميٍّ، أيْ المبنية بشكل معقول جدًّا، على صف، يعلوه

صف أوسع نطاقًا، ويوضح بيانيًّا أين تنشأ المدارات الجديدة؟ وكم عدد العناصر الأكثر تناسبًا في النظام؟ قد من الصعب تتبعه تمامًا، ولكنني سأستمتع به لأنه يبدو وكأنه شريط موبيوس[205].

لن نكون محصورين في الجداول الدورية ذات البعديْن بعد الآن. مضاد البروتون سالب الشحنة الذي اكتشفه سيغري في عام 1955 يقترن بشكل جيد جدًّا مع مضاد الإلكترونات (أيْ البوزيترون) لتشكيل ذرات مضاد الهيدروجين. من الناحية النظرية، كل عنصر آخر قد يوجد له مضاد في الجدول الدوريِّ. وأبعد من مجرد نسخة المرآة العادية من الجدول الدوريِّ، يستكشِف الكيميائيون أشكالاً جديدة من المادة التي يمكنها مضاعفة عدد «العناصر» المعروفة إلى المئات، إن لم يكن الآلاف.

الأولى هي الذرات الفائقة superatoms، هذه المجموعات - بين ثماني ذرات، ومائة ذرة من العنصر الواحد - لديها القدرة على تقليد غريب للذرات من العناصر المختلفة. على سبيل المثال، ثلاث عشرة ذرة من الألومنيوم تتجمع معًا بشكل صحيح لتكون البروم القاتل: لا يمكن التمييز بين الكيانين في التفاعلات الكيميائية. يحدث هذا على الرغم من كون المجموعة أكبر بثلاث عشرة مرة من ذرة البروم الواحد. وعلى الرغم من أنَّ الألمنيوم لا يشبه أيَّ مكون مسيل للدموع بالغاز السام، يمكن لمركبات أخرى من الألومنيوم تقليد الغازات النبيلة، وأشباه الموصلات، ومكونات العظام مثل الكالسيوم، أو عناصر أخرى أكثر من أيِّ منطقة من الجدول الدوريِّ.

في مجموعات من هذا القبيل، ترتب الذرات نفسها في شكل مضلع ثلاثيِّ الأبعاد، وكل ذرة فيه تحاكي البروتون أو

النيوترون في النواة الجماعية. التنبيه هو أنَّ الإلكترونات يمكن أنْ تتدفق نحو هذه النقطة النووية المستديرة، وتتبادل الذرات الإلكترونات بشكل جماعيٍّ. ويطلق العلماء على هذه الحالة من المادة بتهكم اسم «الهلميّ» «jellium». اعتمادًا على شكل المضلع وعدد الزوايا والحواف، تكون للهلميّ إلكترونات أكثر أو أقل ترتبط وتتفاعل مع ذرات أخرى.ÅÇ كانت لديه سبع ذرات، فإنها تتصرف مثل البروم أو الهالوجين. وإذا كانت أربعًا فإنها تتصرف مثل السيليكون أو أشباه الموصلات. ذرات الصوديوم يمكن أيضًا أنْ تصبح هلميًّا وتحاكي عناصر أخرى. وليس هناك سبب للاعتقاد بأنْه لا توجد عناصر أخرى لا يمكنها تقليد عناصر أخرى، أو حتى كل العناصر تقلد جميع العناصر الأخرى. هذه الاكتشافات تجبر العلماء على بناء جداول دورية موازية لتصنيف جميع الأنواع الجديدة؛ الجداول التي تكون مثل

الورق الشفاف في كتاب التشريح يجب أنْ تغطي الجزء العلويَّ من الهيكل العظميِّ للجدول الدوريِّ.

المجموعات الغريبة مثل الهلميّ - على الأقل - تشبه الذرات العادية. ليس ذلك مع الطريقة الثانية لإضافة عمق إلى الجدول الدوريِّ. النقطة الكمومية quantum dot - وهي نوع من التصوير المجسم - ذرة ظاهرة تتبع مع ذلك قواعد ميكانيكا الكم. العناصر المختلفة يمكنها صنع نقاط كمومية. الإنديوم واحدٌ من أفضل العناصر للقيام بذلك، إنه معدن فضيٌّ، وهو قريب من الألومنيوم، ويقع فقط على الحدود بين المعادن وأشباه الموصلات.

بدأ العلماء البناءَ من نقطة كمومية من خلال بناء برج صغير يشبه برج الشياطين[206]، بالكاد هو مرئيٌّ للعين. مثل الطبقات الجيولوجية، يتكون هذا البرج من طبقات من أسفل إلى أعلى، وهناك أشباه الموصلات، وطبقة رقيقة من عازل

(السيراميك)، والإنديوم، وطبقة أكثر سمكًا من السيراميك، وغطاء من المعدن على القمة. يتم استعمال الشحنة الموجبة في الغطاء المعدنيِّ، والذي يجذب الإلكترونات في سباق تصاعديٍّ حتى تصل إلى العازل الذي لا يمكنها أن تتدفق من خلاله. ومع ذلك، إذا كان العازل رقيقًا بما فيه الكفاية، فإنَّ الإلكترون - الذي هو في مستواه الأساسي مجرد موجة - يمكنه أن يسحب بعض الأشياء المشعوذة الكومية الميكانيكية و»يشق نفقًا» خلال الإنديوم.

عند هذه النقطة، يقطع العلماء الجهد الكهربائيَّ، ويحاصرون الإلكترون اليتيم. الإنديوم يكون جيدًا في السماح بتدفق الإلكترونات بين جميع أنحاء الذرات، ولكن ليس جيدًا أنْ يختفي الإلكترون داخل الطبقة. هذا النوع من الإلكترون يحوم محمولاً ولكن منفصلاً. وإذا كانت طبقة الإنديوم رقيقة بما فيه الكفاية وضيقة بما يكفي، فسترتبط ألف ذرة أو نحو

ذلك من ذرات الإنديوم معًا، وستتصرف مثل ذرة واحدة جماعية؛ جميعها تشارك الإلكترون المحاصر. كائن فائق superorganism. بوضع اثنين أو أكثر من الإلكترونات في النقطة الكمومية، سوف تقوم بدوران عكسيٍّ داخل الإنديوم وستنفصل في مدارات ومستويات كبيرة. إنه من الصعب أنْ نبالغ في غرابة هذا، مثل الحصول على ذرات عملاق من مكثفات بوز أينشتاين، ولكن من دون كل هذه الضجة من تبريد الأشياء وصولاً إلى بليون درجة فوق الصفر المطلق. إنها ليست عملية خاملة إذ تظهر النقاط إمكانات هائلة للجيل المقبل من «أجهزة الكمبيوتر الكمية»[o] لأنَّ العلماء يمكنهم السيطرة عليها، وبالتالي إجراء عمليات حسابية مع الإلكترونات الفردية؛ وهو إجراء أسرع وأنظف بمليارات المرات من توجيه الإلكترونات عبر أشباه

الموصلات في الدوائر المتكاملة لجاك كيلبي ذات الخمسين عامًا.

لن يكون الجدول الدوريُّ هو نفسه بعد النقاط الكمومية؛ لأنَّ النقاط - وتسمى أيضًا ذرات الفطيرة، وهي متمددة جدًّا - ومستويات الإلكترون تختلف عن المعتاد. في الواقع، حتى الآن تبدو فطيرة الجدول الدوريِّ فطيرة مختلفة تمامًا عن الجدول الدوريِّ الذي اعتدنا عليه. إنها أضيق، لسبب واحد، وهو أنَّ سيادة قاعدة الثمانية لا تطبق. تملأ الإلكترونات المستويات بسرعة أكبر، ويتم فصل الغازات النبيلة الخاملة من قِبل عدد أقل من العناصر. هذا لا يوقف الأخرى، النقاط الكمومية تتفاعل أكثر من تبادل الإلكترونات، وتترابط مع غيرها من النقاط الكمومية القريبة لتشكيل... حسنًا، من يدري ما هذا؟! على خلاف الذرات

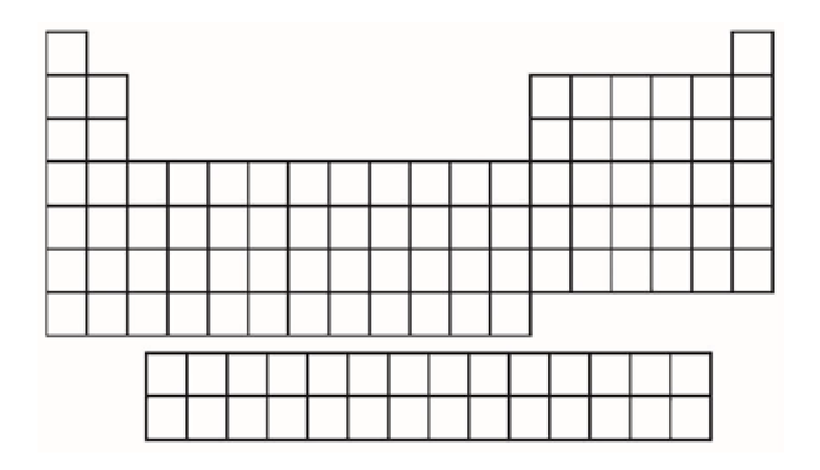
الفائقة، إنها ليست عناصر العالم الحقيقيِّ التي تشكل نظائر مرتبة مماثلة «لعناصر» النقطة الكمومية.

في النهاية، رغم ذلك، ليس هناك قليل من الشك في أنَّ جدول سيبورغ من الصفوف والأبراج، مع اللانثانيدات والأكتينيدات مثل الخنادق على طول الجزء السفليِّ، سوف يهيمن على دروس الكيمياء للأجيال القادمة. إنه مزيج جيد من السهل القيام به وسهل التعلم. ولكن، من المؤسف أن أكثر ناشري الكتب لا يوازنون بين جدول سيبورغ - الذي يظهر داخل الغلاف الأماميِّ من كل كتاب كيمياء - وبين عدد قليل من الجداول الدوريِّة الأكثر إيحاءً لتظهر في الغلاف الخلفيِّ؛ مثل الأشكال ثلاثية الأبعاد التي تظهر على الصفحة وتربط العناصر البعيدة قرب بعضها بعضًا؛ مما يثير بعض الارتباط في الخيال عندما تراها أخيرًا جنبًا إلى جنب. أتمنى كثيرًا أنْ أتمكن من التبرع بنحو 1,000

دولار لبعض المجموعات غير الربحية لدعم صنع جداول دورية جديدة مثيرة على أساس كل ما يمكن للناس أنْ يتخيلوه. الجدول الدوريُّ الحاليُّ خدَمنا بشكل جيد حتى الآن، ولكن إعادة تصوره وإعادة تكوينه مهمّان بالنسبة للناس (البعض منا على الأقل). وعلاوة على ذلك، إذا هبطت الكائنات من خارج الأرض، فأنا أريدها أن تعجب من براعتنا. ربما - فقط ربما - بالنسبة لها سترى بعض الأشكال التي تعرفها بين مجموعتنا.

ثم مرة أخرى، ربما مجموعتنا القديمة من مربعات الصفوف والأبراج الجيدة، وعجائبها، وبساطتها، سوف تستولي على ألباب تلك الكائنات. وربما، على الرغم من كل الترتيبات البديلة للعناصر، وعلى الرغم من كل ما تعرفه عن الذرات الفائقة والنقاط الكمومية، سوف ترى شيئًا جديدًا في هذا الجدول. ربما ونحن نشرح كيفية قراءة الجدول في جميع

مستوياته المختلفة، سوف تصفر تلك الكائنات في الحقيقية إعجابًا، أو اندهاشًا منا نحن البشر لأننا قد تَمكَّنا من وضع جدولنا الدوريِّ للعناصر الكيميائية.



شكر وتقدير

أودُّ أن أتوجه بالشكر...

إلى والديَّ الحبيبيْن اللذيْن وفَّرا لي المناخَ المساعد على التأليف، ولم يسألا كثيرًا عمَّا سوف أقوم به بالضبط عندما بدأتُ في الكتابة.

وإلى عزيزتي بولا التي دعمتني كثيرًا.

وإلى أخويَّ؛ بن، وبيكا.

وإلى كلِّ من ساندني من أصدقائي، وأفراد عائلتي الكبيرة في ساوث داكوتا، وجميع أنحاء البلاد.

وإلى العديد من المعلمين والأساتذة الذين تتعلق القصصُ الأولى هنا بحديثهم؛ دون أنْ يُدركوا أنهم قاموا بشيء قيِّم للغاية.

وأود أيضًا أن أشكر وكيل أعمالي، ريك برودهيد، الذي تحمَّس من اللحظة الأولى، واعتبر هذا المشروع فكرة مميزة، وأنني قادرٌ على القيام به.

وأنا مدينٌ كثيرًا - كذلك - للمحرر في مجموعة ليتل براون: جون بارسلي، الذي تنبأ بما سيحققه الكتاب، وساعد في تحقيق ذلك. وكل امتناني لمجموعة ليتل براون، على مساعدتها التي لا تُقدَّر بثمن، وأذكر من أعضاء المجموعة على سبيل المثال لا الحصر: كارا إيزنبرس، سارة مورفي،

بيغي فرودينتال، باربرا جاكولا، وغيرهم الكثيرين ممن ساعدوا في تصميم هذا الكتاب وتحسينه.

أتقدم بالشكر أيضًا إلى العديد والعديد من الأشخاص الذين أسهموا في الفصول والمقالات؛ إمّا عن طريق تقديم القصص، أو مساعدتي في البحث عن المعلومات، أو إعطائي وقتهم للاستفسار والنقاش. من هؤلاء: ستيفان فاجنز، وثيودور غري من موقع: www.periodictable.com، وباربرا ستيوارت من شركة الألمنيوم الكوا، وجيم مارشال من جامعة شمال تكساس، وإريك شيري من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس، وكريس ريد من جامعة كاليفورنيا ريفرسايد، ونادية إيزكسن من فريق الاتصالات في الجمعية الكيميائية الأمريكية، والموظفون وأمناء المكتبات العلمية في مكتبة الكونغرس.

مع خالص تقديري، وصادق اعتذاري لأيٍّ شخص سقط اسمه سهوًا من هذه القائمة.

وأخيرًا، أنا ممتنٌّ بشكل خاص لديمتري مندليف، ويوليوس لوثر ماير، وجون نيولاندز، وألكسندر إيميل بيجو دي شانوريه، ووليام اودلنغ، وغوستافوس هنريكس، وغيرهم من العلماء الذين طوَّروا الجدول الدوريَّ؛ فضلاً عن آلاف العلماء الآخرين الذين أسهموا في هذه القصص الرائعة عن العناصر الكيميائية في الجدول الدوريِّ.

قائمة المراجع

أدرجتُ في القائمة التالية عددًا قليلاً من الكتب، كنماذج من المراجع التي اطلعتُ عليها خلال بحثي. تمثل هذه القائمة ببساطة أفضل الكتب التي يمكن للقراء غير المتخصصين الرجوع إليها؛ للاستزادة من معرفة المزيد عن الجدول الدوريِّ أو العناصر المختلفة: Patrick Coffey.

dna seitilanosreP ehT :ecneicS fo slardehtaC
yrtsimehC nredoM edaM tahT seirlaviR .
.2008 ¡sserP ytisrevinU drofxO

.yelsmE nhoJ *:skcolB gnidliuB s’erutaN*
stnemelE eht ot ediuG Z–A nA . drofxO
.2003 ¡sserP ytisrevinU

Sheilla Jones. *The Quantum Ten*. Oxford University Press, 2008.

T. R. Reid. *The Chip: How Two Americans Invented the Microchip and Launched a Revolution*. Random House, 2001.

Richard Rhodes. *The Making of the Atomic Bomb*. Simon & Schuster, 1995.

Oliver Sacks. *Awakenings*. Vintage, 1999.

Eric Scerri. *The Periodic Table*. Oxford University Press, 2006.

.grobaeS cirE dna grobaeS nnelG

sttaW morF :egA cimotA eht ni serutnevdA

¡xuoriG dna suartS ¡rarraF .*notgnihsaW ot*

.2001

.2009 ¡gnikiV .*muinarU* .renlleoZ moT

قائمة عناصر الجدول الدوري

١	الهيدروجين	Hydrogen	16	الكبريت	Sulfur
٢	الهيليوم	Helium	17	الكلور	Chlorine
٣	الليثيوم	Lithium	18	الأرجون	Argon
٤	البريليوم	Beryllium	19	البوتاسيوم	Potassium
٥	البورون	Boron	20	الكالسيوم	Calcium
٦	الكربون	Carbon	21	السكانديوم	Scandium
٧	النيتروجين	Nitrogen	22	التيتانيوم	Titanium
٨	الأكسجين	Oxygen	23	الفاناديوم	Vanadium
9	الفلور	Fluorine	24	الكروم	Chromium
10	النيون	Neon	25	المنغنيز	Manganese
11	الصوديوم	Sodium	26	الحديد	Iron
12	المغنيسيوم	Magnesium	27	الكوبالت	Cobalt
13	الألمنيوم	Aluminium	28	النيكل	Nickel
14	السيليكون	Silicon	29	النحاس	Copper
15	الفسفور	Phosphorus	30	الزنك	Zinc
31	الغاليوم	Gallium	48	الكادميوم	Cadmium
32	الجرمانيوم	Germanium	49	الإنديوم	Indium
33	الزرنيخ	Arsenic	50	القصدير	Tin

34	السيلينيوم	Selenium	51	الإثمد	Antimony
35	البروم	Bromine	52	التيلوريوم	Tellurium
36	الكريبتون	Krypton	53	اليود	Iodine
37	الروبيديوم	Rubidium	54	الزينون	Xenon
38	السترونتيوم	Strontium	55	السيزيوم	Cesium
39	الإيتريوم	Yttrium	56	الباريوم	Barium
40	الزركونيوم	Zirconium	57	اللانثانوم	Lanthanum
41	النيوبيوم	Niobium	58	السيريوم	Cerium
42	الموليبدينوم	Molybdenum	59	البراسيوديميوم	Praseodymium
43	التكنيتيوم	Technetium	60	النيوديميوم	Neodymium
44	الروثينيوم	Ruthenium	61	البروميثيوم	Promethium,
45	الروديوم	Rhodium	62	الساماريوم	Samarium
46	البلاديوم	Palladium	63	اليوروبيوم	Europium
47	الفضة	Silver	64	الجادولينيوم	Gadolinium
65	التيربيوم	terbium	83	البزموت	Bismuth
66	الديسبروسيوم	Dysprosium	84	البولونيوم	Polonium
67	الهولميوم	Holmium	85	الأستاتين	Astatine
68	الإربيوم	Erbium	86	الرادون	Radon
69	الثوليوم	Thulium	87	الفرانسيوم	Francium

70	الإيتربيوم	ytterbium	88	الراديوم	Radium
71	اللوتيتيوم	Lutetium	89	الأكتينيوم	Actinium
72	الهافنيوم	Hafnium	90	الثوريوم	Thorium
73	التنتالوم	Tantalum	91	البروتكتينيوم	Protactinium
74	التنغستن	Tungsten	92	اليورانيوم	Uranium
75	الرينيوم	Rhenium	93	النبتونيوم	Neptunium
76	الأوزميوم	Osmium	94	البلوتونيوم	Plutonium
77	الإيريديوم	Iridium	95	الأميريسيوم	Americium
78	البلاتين	Platinum	96	الكوريوم	Curium
79	الذهب	Gold	97	البركيليوم	Berkelium
80	الزئبق	Mercury	98	الكاليفورنيوم	Californium
81	الثاليوم	Thallium	99	الأينشتاينيوم	Einsteinium
82	الرصاص	Lead	100	الفرميوم	Fermium
101	المندليفيوم	Mendelevium	107	البوريوم	Bohrium
102	النوبليوم	Nobelium	108	الهاسيوم	Hassium
103	اللورنسيوم	Lawrencium	109	المايتنريوم	Meitnerium
104	الرذرفورديوم	Rutherfordium	110	الدارمشتاتيوم	Darmstadtium
105	الدوبنيوم	Dubnium	111	الرونتجينيوم	Roentgenium
106	السيبروغيوم	Seaborgium	112	الكوبرنيسيوم	Copernicium

قائمة الأعلام

sreyB nebE	إبين بايرز
etteuohliS ed enneitÉ	إتيان دي سلويت
llecruP drawdE	إدوارد بورسيل

relleT drawdE إدوارد تيلر

nalliMcM niwdE إدوين ماكميلان

notgniddE ruhtrA آرثر إدينجتون

elyoD nanoC ruhtrA آرثر كونان دويل

riumgnaL gnivrI إرفينغ لانغموير

drofrehtuR tsenrE إرنست روذرفورد

ecnerwaL tsenrE إرنست لورنس

yawgnimeH tsenrE إرنست همينغوي

nov retlaW deirfnerhE إرنفيلد والتر فون
suahnrihcsT شيرنهاوس

llenroC cirE	إريك كورنيل
ibaR rodisI	إزيدور رابي
notweN caasI	إسحاق نيوتن
gniluaP avA	آفا بولينغ
namkcalB nallA	ألان بلاكمان
nietsniE treblA	ألبرت أينشتاين
osroihG treblA	ألبرت غيورسو
yehsreH derflA	ألفريد هيرشي
reyugéB elimÉ–erdnaxelA siotruocnahC ed	ألكسندر إيميل بيجو دي شانوريه

rethkaylhS rednaxelA ألكسندر شيلاكتر

oknenivtiL rednaxelA ألكسندر ليتفينينكو

èrgeS oilimE إميليو سيغري

imreF ocirnE إنريكو فيرمي

razalaS oinotnA أنطونيو سالازار

hcsirF ottO أوتو فريش

nhaH ottO أوتو هان

gniK sitO أوتيس كينج

inoicciP etserO أوريستى بيكشوني

yrevA dlawsO أوزوالد أفري

skcaS revilO
أوليفر ساكس

nialrebmahC newO
أوين تشامبرلين

sllew trebI
إيبرت ويلز

kcaddoN adI
إيدا نودك

irrecS cirE
إيرك شيري

eiruC–toiloJ enèrI
إيرين جوليو كوري

nannaH kcirtaP
باتريك هنان

llessuR dnartreB
برتراند راسل

iveL omirP
بريمو ليفي

hsuR nimajneB
بنيامين راش

nilknarF nimajneB بنيامين فرانكلين

nigayreD siroB بوريس ديرياغن

cariD luaP بول ديراك

nivegnaL luaP بول لانجفان

tluoréH luaP بول هيرولت

kramenårB ravgnI–reP بير إنجفار برونمارك

nostreboR lliB بيل روبرتسون

eiruC erreiP بيير كوري

qoceL sioçnarF elimE luaP پول إيميل لكوك ده
narduabsioB ed بوابودران

oknesyL miforT	تروفيم ليسينكو
iznoP selrahC	تشارلز بونزي
senwoT selrahC	تشارلز تاونز
niwraD selrahC	تشارلز داروين
reparD selrahC	تشارلز دريبر
llaH selrahC	تشارلز هول
nosidE avlA samohT	توماس ألفا إديسون
suhtlaM treboR samohT	توماس روبرت مالتوس
eharB ohcyT	تيخو براهي
hgieVcM yhtomiT	تيموثي ماكفي

tlevesooR erodoehT
ثيودور روزفلت

yarG erodoehT
ثيودور غراي

toiB etsitpaB naeJ
جان بابتيست بايت

gnuoY kcirederF maharG
جراهام فريدريك يونغ

niabrU segroeG
جورج أوربان

eldaeB egroeG
جورج بيدل

nosyD egroeG
جورج دايسون

yseveH ygröyG
جورج هيفيشي

voroylF ygroeG
جورجي فليورف

laeT nodroG
جوردون تيل

uaetalP hpesoJ جوزيف بلاتو

nitolliuG hpesoJ جوزيف غيلوتن

darnoC hpesoJ جوزيف كونراد

reyaM hpesoJ جوزيف ماير

retsieM hpesoJ جوزيف مايستر

grebredeL auhsoJ جوشوا ليدربيرغ

dratoéL seluJ جول ليوتارد

releehW dlabihcrA nhoJ جون أرشيبالد ويلر

srednE nhoJ جون إندرز

needraB nhoJ جون باردين

hcriB nhoJ
جون بيرش

datsnrojB nhoJ
جون بيورنشتاد

nnamueN nov nhoJ
جون فون نيومان

suiznaK nhoJ
جون كانزيوس

sdnalweN nhoJ
جون نيولاندز

hgielyaR droL
جون وليم ريليه

bbeW nhoJ
جون ويب

kgamoD drahreG
جيرهارد دوماك

egdibruB yerffoeG
جيفري بريدج

siweL trebliG
جيلبرت لويس

llahsraM miJ جيم مارشال

rehssU semaJ جيمس آشر

kciwdahC semaJ جيمس شادويك

nellA naV semaJ جيمس فان ألين

kcnarF semaJ جيمس فرانك

nottuH semaJ جيمس هاتون

nostaW semaJ جيمس واتسون

dniksebiL leinaD دانيال لبسكند

resalG dlanoD دونالد غلاسر

retsoC kriD ديرك كوستر

nietsdooG divaD — ديفيد غودستاين

nhaH divaD — ديفيد هان

veeledneM irtimD — ديمتري مندليف

eriaeW sineD — دينيس وير

ehcnuB hplaR — رالف بانش

nesdnumA dlaoR — روال أموندسن

grebdloG ebuR — روب غولدبرغ

remiehneppO treboR — روبرت أوبنهايمر

nesnuB treboR — روبرت بنسن

elyoB treboR — روبرت بويل

reffeirhcS treboR	روبرت شريفر
maharG treboR	روبرت غراهام
ttocS noclaF treboR	روبرت فالكون سكوت
nalehP treboR	روبرت فيلان
llewoL treboR	روبرت لويل
drawdooW treboR	روبرت وودوارد
nilknarF dnilasoR	روزاليند فرانكلين
nesdnumA dlaoR	رولد أموندسن
reltuB ttehR	ريت بتلر
sedohR drahciR	ريتشارد رودس

namnyeF drahciR ريتشارد فاينمان

relluM drahciR ريتشارد مولر

esoB htaN ardneytaS ساتيندرا ناث بوز

senoJ natS ستان جونز

malU walsinatS ستانيسلو أولام

senoJ nevetS ستيفن جونز

drofdeB ellibyS سيبيل بيدفورد

namrettuP hteS سيث بيترمان

regniS nahtanoJ ruomyeS سيمور جوناثان سينغر

grobaeS nnelG غلين سيبورغ

shcirnih suvatsug	غوستافوس هنريكس
tsnreN rehtlaW	فالتر نيرنست
yesleK mahdlO secnarF	فرانسيس أولدهام كيلسي
nocaB sicnarF	فرانسيس بيكون
kcirC sicnarF	فرانسيس كريك
ekarD knarF	فرانك دريك
tteweJ gninnaF knarF	فرانك فانينغ جويت
tlevesooR onaleD nilknarF	فرانكلين ديلانو روزفلت
rebaH ztirF	فريتز هابر

elyoH derF — فريد هويل

rehcseiM hcirdeirF — فريدريش ميشر

eiruC–toiloJ cirédérF — فريدريك جوليو كوري

yddoS kcirederF — فريدريك سودي

eloC tserroF — فورست كول

elretteK gnagfloW — فولفغانغ كيتيرل

voniN rotciV — فيكتور نينيف

negtnöR mlehliW — فيلهلم رونتغن

munraB ecniV — فينس بارنوم

nagaS lraC — كارل ساجان

كارل وايمان	nameiW lraC
كارلو بيرييه	reirreP olraC
كازيميرز فاجنز	snajaF zreimizaK
كاميلو جولجي	igloG ollimaC
كلارا أمروير	rhawremmI aralC
كلارك وليام	mailliW kralC
كلير باترسون	nosrettaP rialC
كين سيلفرشتاين	nietsrevliS neK
لازلو موهولي ناجي	ygaN–ylohoM ólzsáL
اللورد ريليه	hgielyaR droL

nivleK droL	اللورد كلفن
zeravlA siuL	لويس ألفاريز
ruetsaP siuoL	لويس باستير
rentieM esiL	ليز مايتنر
gniluaP suniL	لينوس بولينغ
dralizS oeL	ليو زيلارد
doowgdeW haisoJ	ليوشيا ويدجوود
repooC noeL	ليون كوبر
esahC ahtraM	مارثا تشيس
egdibruB teragraM	مارغريت بريدج

oloP ocraM	ماركو بولو
eiruC eiraM	ماري كوري
treppeoG airaM	ماريا غوبرت
ttohcS xaM	ماكس شوت
euaL nov xaM	ماكس فون لاوِه
ffodroT leahciM	مايكل تورداف
siweL rehtewireM	ميريويذر لويس
onigaH uroboN	نوبورو هاجينو
tteltraB lieN	نيل بارتليت
rhoB sleiN	نيلز بور

onatI yevraH هارفي إيتانو

yerU dloraH هارولد أوري

ehteB snaH هانس بيث

yelesoM yrneH هنري موزلي

zeravlA retlaW والتر ألفاريز

niattarB retlaW والتر براتين

kcaddoN retlaW والتر نودك

iluaP gnagfloW ولفغانغ باولي

gnildO mailliW وليام اودلنغ

ggarB mailliW وليام براغ

ekalB mailliW	وليام بليك
yelkcohS mailliW	وليام شوكلي
renolahC mailliW	وليام شيلنير
relwoF mailliW	وليام فاولر
sekoorC mailliW	وليام كروكس
selwonK mailliW	وليام نولز
ybbiL dralliW	ويلارد ليبي
nospmohT htrowtneW	وينتورث طومسون
raseaC suiluJ	يوليوس قيصر
reyeM rahtoL suiluJ	يوليوس لوثر ماير

nilodaG nahoJ — يوهان جادولين

regttöB hcirdeirF nnahoJ — يوهان فريدريك بادكر

gnagfloW nnahoJ reniereböD — يوهان فولفغانغ دوبرينير

nov gnagfloW nnahoJ ehteoG — يوهان فولفغانغ فون غوته

الجدول الدوري
للعناصر الكيميائية

								2 He 4.003
			5 B 10.812	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
			13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.384	31 Ga 69.723	32 Ge 72.641	33 As 74.922	34 Se 78.963	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
46 Pd 106.421	47 Ag 107.868	48 Cd 112.412	49 In 114.818	50 Sn 118.711	51 Sb 121.760	52 Te 127.603	53 I 126.904	54 Xe 131.294
78 Pt 195.085	79 Au 196.967	80 Hg 200.592	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222
110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)

64 Gd 157.253	65 Tb 158.925	66 Dy 162.500	67 Ho 164.930	68 Er 167.259	69 Tm 168.934	70 Yb 173.043	71 Lu 174.967
96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

وضعت العديد من المدارس في الولايات المتحدة قراءة كتاب

noopS gniraeppasid ehT

كواجب صيفي للطلبة، وهذه بعض المدارس **2013**

c.segapbewloohcs.yw.dsytnuocnotet//:ptth

.tluafed/koobparcs/stnenopmoc/noitacude/mo

&23458=diliatednoitces¿php

:ptth

uoc/tneduts/nyd.egap/ten.tuoegap.onihculp//

152685=di_esruoc ¿emoh_esruoc/esr

:ptth

797=dip¿xpsa.egap/gro.agaznog.www//

:sptth

-2013/scimedaca/moc.cilohtacsumarap//

tsil-gnidaer_remmus

:sptth

imedaca/ytinummoCteN/gro.yrennug.latrop//

gnidaer_remmus/sc

.av.12 k.nuoduol.www// :ptth

23857/egaP/su

:ptth

/514324/sessalc/sppa/gro.noitanoppih.shh//

stnemngissa

-remmus/gro.ymedaca-ellasal.www//:ptth

gnidaer

setoN

[1←]

هي رحلةٌ استكشافية قادها كلارك وليم - وهو جنديٌّ ومستكشف أمريكيٌّ - مع ميريويذر لويس لاكتشاف أراضي لويزيانا حتى ساحل المحيط الهادئ في الفترة الممتدة بين عامي 1804æ 1806ã. بدأتْ الرحلة الاستكشافية من نهر ميسوري، حتى وصلوا إلى المحيط الهادئ. (المترجم)

[2←]

بنيامين راش (1745–1813ã) أحد المؤسسين للولايات المتحدة الأمريكية. كان طبيبًا وكاتبًا ومعلمًا وأستاذًا للعلوم الطبية في جامعة بنسلفانيا. أصدر أولَ كتاب عن الكيمياء

في أمريكا، كما ألَّف عدة كتب في مجال تعليم الطبّ. (المترجم)

[3←]

شاعر ورسام إنجليزيٌّ. وُلد في لندن حيث قضى معظم حياته، وأصدر أول كتاب شعريٍّ له عام 1783. من أشهر قصائده (النمر)، حيث تبدأ القصيدة بسؤال الشاعر للنمر المخيف عمَّن أوجده في تلك الهيئة المرعبة والمثالية، وترجمها إلى العربية حسن حجازي. (المترجم)

[4←]

مزيج من الزيف والسحر والفلسفة الباطنية. اكتسبت شعبيتها منذ بداية النصرانية وحتى القرن الثامن عشر الميلادي. حاول الخيميائيون تحويل المعادن الخسيسة إلى فضة وذهب، كما حاولوا إيجاد إكسير الحياة - وهو مادة تشفي من الأمراض - ورغم أنَّ محاولاتهم باءت بالفشل، إلاّ أنَّ

جهودهم في تحضير المواد الكيميائية ودراستها ساعدتْ في تطوير علم الكيمياء. (الموسوعة العربية العالمية - المترجم)

[5←]

تعلمتُ من الزئبق أيضًا الأرصاد الجوية. بدأ دقُّ المسمار الأخير في نعش الخيمياء في اليوم التالي من عيد الميلاد عام 1759م، عندما شرع اثنان من العلماء الروس - في محاولة لمعرفة مدى برودة مزيج من الثلج وحامض ما - بتجميد الزئبق في ميزان الحرارة عن طريق الخطأ. كانت تلك أول حالة سُجِّلت للزئبق الصلب. ومع ذاك الدليل، نُفي سائلُ الخيميائيين الخالد إلى عالم المادة العادية. في الآونة الأخيرة، تم تسييس الزئبق أيضًا؛ عندما شنَّ الناشطون في الولايات المتحدة بقوة حملة (لا أساس لها

من الصحة تمامًا) ضد مخاطر الزئبق في اللقاحات. (المؤلف)

[6←]

دانيال لبسكند، مهندس معماريٌّ معاصِر، من مواليد عام 1946، أمريكيُّ الجنسية من أصول بولندية، فاز بالعديد من المسابقات المعمارية، وفي مسابقة تصميم أبراج مركز التجارة العالمية. (المترجم)

[7←]

ظهر أول دليل على الهيليوم خلال كسوف عام 1868ã¡ عندما لاحظ اثنان من العلماء طيفًا ضوئيًّا غير معروف في النطاق الأصفر، ومن هنا جاء اسم العنصر؛ من هيليوس، الكلمة اليونانية التي تحمل معنى «الشمس». لم يتم عزل العنصر على الأرض حتى عام 1895، من خلال عملية عزل دقيقة للهيليوم من الصخور. (لمعرفة

المزيد عن هذا الموضوع، انظر إلى الفصل 17). لمدة ثماني سنوات، كان يُعتقد أنَّ الهيليوم موجودٌ على الأرض بكميات دقيقة فقط؛ حتى وجد عمال المناجم مخبأً ضخمًا تحت الأرض في ولاية كانساس عام 1903. (المؤلف)

[8←]

أؤكد من جديد نقطة عن كون معظم مساحة الذرات فارغًا، فقد كتب ألان بلاكمان، الكيميائيُّ في جامعة أوتاجو في نيوزيلندا، في 28 يناير 2008، في صحيفة أوتاجو ديلي تايمز: «بالنظر إلى العنصر المعروف الأكثر كثافة، الإيريديوم؛ عينة من هذا العنصر بحجم كرة التنس تزن ما يزيد قليلاً عن 3 كجم [6.6 باوندات].... دعونا نفترض أننا يمكننا بطريقة ما حزم نَوى الإيريديوم معًا في أضيق حيز نستطيعه، وبالتالي القضاء على معظم تلك المساحة الفارغة.... العينة بحجم كرة التنس من هذه المواد

المضغوطة تزن الآن بشكل مذهل سبعة تريليونات طنّ [77 ترليون طنّ أمريكي]»، وتوضيحًا لهذا الأمر: لا أحد يعرف حقًّا ما إذا كان الإيريديوم هو العنصر الأكثر كثافة؛ فكثافته قريبة جدًّا من الأوزميوم، والعلماء لا يمكنهم التمييز بينهما. وخلال العقود القليلة الماضية، تبادَلا المراتب في السباق، وفي الوقت الراهن يقع الأوزميوم على القمة. (المؤلف)

[9←]

جيلبرت نيوتن لويس (1875–1946) عالم فيزيائيٌّ وكيميائيٌّ أميركيٌّ. وُلد في ويماوث، بماساشوسيتس، ونال درجته العلمية في الطب من جامعة هارفارد عام 1899ã. أكمل علومه، وتخرج من جامعة نبراسكا. وفي عام 1912م أصبح أستاذًا للكيمياء، وعميدًا في جامعة كاليفورنيا. (المترجم).

[10←]

فالتر هيرمان نيرنست كيميائيٌّ وفيزيائيٌّ ألمانيٌّ، ولد عام 1864 وتوفي عام 1941ã. قام بالعديد من الأبحاث في مجال الكيمياء الكهربائية والتحريك الحراريّ، وكيمياء المواد الصلبة، كما يُعرف بمعادلته المسماة باسمه (معادلة نيرنست) الخاصة بالبطاريات. (المترجم)

[11←]

لمعرفة تفاصيل أكثر عن لويس ونيرنست (والعديد من الشخصيات الأخرى، مثل: لينوس بولينغ وفريتز هابر)¡ أقترحُ كتاب Cathedrals of Science: The edaM tahT seirlaviR dna seitilanosreP Modern Chemistry by Patrick Coffey. روايات شخصية عن أهم فترة في تاريخ الكيمياء الحديثة، بين حوالى 1890æ1930ã. (المؤلف)

[12←]

هناك حقائق أخرى عن الإثمد: (1) الكثير من معلوماتنا الكيميائية عن الإثمد جاءت في عام 1604م من كتاب yb ynomitnA fo toirahC lahpmuirT ehT edlöhT nnahoJ كتبه يوهان ثولد. حيث أراد ثولد الترويج لكتابه، فادعى أنَّه مترجَم عن النصِّ الذي كتبه الراهب باسيليوس فالنتينوس عام 1450، ولم ينشره خوفًا من الاضطهاد، وكان من المفترض أنَّ فالنتينوس أخفى النصَّ داخل أحد الأعمدة في الدير، وظل مخفيًّا حتى ضربته «صاعقة خارقة» فقصفت العمود، واكتشفه ثولد. (2) على الرغم من أنَّ العديد من العلماء وصفوا الإثمد بأنه بلا جنس محدد (مذكر أو مؤنث)، فقد أصر آخرون على أنه كان جوهر الأنوثة؛ لدرجة أنَّ الرمز الخيميائي للأنتيمون ♀ أصبح رمز «الأنثى». (3) في الثلاثينيات

قامت أحد الأقاليم الفقيرة في الصين بصُنع العملات المالية من الإثمد، المورد المحليّ الوحيد لديها، ولكن الإثمد ليِّن ويُفرك بسهولة وسامٌّ قليلاً؛ فكانت العملات ضعيفة، وسرعان ما قامت الحكومة بسحبها، والعدول عن الفكرة. وعلى الرغم من أنها لا تساوي سنتات معدودة، ألاّ أنَّ تلك القطع النقدية يشتريها الهواة اليوم بآلاف الدولارات. (المؤلف)

[13←]

راديولاري Radiolarian: كائنات بحرية، ميكروسكوبية، وحيدة الخلية. (المترجم)

[14←]

في مقال نشر على موقع تلفزيون PBS ذكر: «أنَّ محتوى السيليكون في الكائنات الحية يقل كلما تعقَّد تركيب الكائن الحيِّ. نسبة السيليكون إلى الكربون هو 1:250 في القشرة

الأرضية، 1:15 في الدبال [التربة تحتوي على مواد عضوية]¡ 1:1 في الطحالب، 100:1 في السرخسيات، 5000:1æ في الثدييات». (المؤلف)

[15←]

الخروف الأسود تعبير في اللغة الإنجليزية، يُستخدم لوصف عضو غريب؛ خاصة داخل الأسرة. ينبع المصطلح من تأثير وراثيٍّ في الأغنام، حيث تظهر أحيانًا الجينات المتنحية أحيانًا في ولادة خراف سوداء اللون بدلاً من تلك البيضاء، وهذه الأغنام تختلف عن القطيع. (المترجم)

[16←]

«بنك الحيوانات المنوية للعباقرة» ومقره في كاليفورنيا، كان يسمى رسميًّا «مخزن الاختيار الجنيني». إن شوكلي هو الوحيد الحائز على جائزة نوبل الذي اعترف على الملأ أنه

تبرع، مع أن مؤسس بنك الحيوانات المنوية، روبرت غراهام، ادعى قيام آخرين بهذا أيضًا. (المؤلف)

[17←]

فينس بارنوم (1810–1891) رجل الاستعراضات الأمريكيُّ، ورجل الأعمال، وفنان الاحتيال والترفيه والتسلية، والمشهور بترويج الخدع وبتأسيسه السيرك. (الموسوعة العربية - المترجم)

[18←]

للحصول على معلومات أكثر عن كيلبي، و»استبداد الأرقام«، اقرأ الكتاب الرائع The Chip: How Two dna pihcorciM eht detnevnI snaciremA Launched a Revolution. الأمر الطريف أنه في عام 2006 أصدرت إحدى الشركات الغنائية ألبومًا غنائيًّا على قرص مضغوط باسم «رقاقة جاك كيلبي» مع صورة

قديمة جدًا لكيلبي على الغلاف. ومن بين الأغاني، أغنية «الدوائر المتكاملة»æ«الترانزستور». (المؤلف)

[19←]

الدكتور جوزيف غيلوتن هو مخترع المقصلة، والذي حملت المقصلة اسمه. (المترجم)

[20←]

تشارلز بونزي واحد من أكبر المحتالين في التاريخ الأميركيِّ، وتُنسَب إليه طريقة الاحتيال الشهيرة المعروفة «سلسلة بونزي». (المترجم)

[21←]

جول ليوتارد يُعدُّ رائد ألعاب السيرك والحركات البهلوانية. (المترجم)

[22←]

إتيان دي سلويت، يُنسب إليه فن السلويت، وهو استعمال اللون الأسود على خلفية بيضاء؛ لإظهار الحدود الخارجية للرسم أو الصورة. (المترجم)

[23←]

إنّ إنكار مندليف وجود الذرات قد يبدو أمرًا لا يصدَّق بالنسبة لنا اليوم. ولكن وجهة النظر تلك لم تكن غير مألوفة بين الكيميائيين في ذلك الوقت، فقد رفض البعض أنْ يعترفوا بأيِّ شيء لا يمكن أنْ يروه بأمِّ أعينهم، وعاملوا الذرات كشيء مجرد - طريقة سهلة للقيام بالحسابات ربما - ولكنه بالتأكيد زائف. (المؤلف)

[24←]

إذا كنتَ ترغب برؤية خدعة الغاليوم، يمكنك أنْ ترى ذوبان ملعقة الغاليوم في مقطع فيديو على موقع يوتيوب. كما أنَّ أوليفر ساكس تحدَّث أيضًا عن هذا النوع من الخدع في

مذكراته عن أيام الطفولة في كتاب Uncle Tungsten.
(المؤلف)

[25←]

هذه القصة من كلاسيكيات الأدب الألمانيِّ، وتعرف باللغة العربية المترجمة بقصة (جعيدان). وتدور حول رجل عجوز في القرية، له بنت ادعى أنها تستطيع تحويل القش إلى ذهب، فأمر الملك بإحضار الفتاة، ومن ثم أمرها بأن تحوِّل كومة من القش إلى ذهب وإلا قطع رأسها.
(المترجم)

[26←]

ماركو بولو، مستكشف من البندقية، إيطاليا، كان هو وأبوه نيكولو وعمه مافيو الغربيين الأوائل الذين سلكوا طريق الحرير إلى الصين. وكانت له علاقات مع أكبر ملوك إمبراطورية المغول وحفيد جنكيز خان. (المترجم)

[27←]

ميديشي Medici إحدى أشهر عائلات فلورنسا، والتي لعبت الدور الأهم في تاريخها اقتصاديًّا وسياسيًّا وثقافيًّا، بين القرنين الخامس عشر والثامن عشر. وخرج من هذه العائلة ثلاثة باباوات وملكتان. (المترجم)

[28←]

سعيًا مني للحصول على معلومات أكثر عن تاريخ يوتربي اليوم وواقعها والجيولوجيا فيها، استشرتُ جيم مارشال؛ الكيميائيَّ والمؤرخ في جامعة شمال تكساس، الذي كان سخيًّا للغاية لمساعدتي وإعطائي من وقته الثمين، وتزويدي بصور رائعة. يدرس جيم حاليًا البقعة التي تم اكتشاف العناصر فيها لأوّل مرّة، ولهذا السبب سافر إلى يوتربي. حظًّا سعيدًا، جيم. (المؤلف)

[29←]

نظرية الصفائح التكتونية تقسم الغلاف الصخريَّ للأرض lithosphere إلى صفائح تُسمى بالصفائح التكتونية، حيث تطفو تلك الصفائح فوق طبقة الأنيثوسفير asthenosphere المنصهرة، ويتغير حجم هذه الصفائح ومكانها مع الزمن. وطبقًا لهذه النظرية، يقسم سطح الأرض إلى 12 صفيحة رئيسة، والعديد من الصفائح الثانوية. (موسوعة المعرفة - المترجم)

[30←]

المنفس الحرمائيّ أو الفتحة الحرارية المائية عبارة عن فتحة في قاع المحيط تنفث المياه المعدنية الحارة، وتتشكل عن عملية يُطلَق عليها اسم: الدورة الحرارية المائية. يرتفع هذا السائل الحار من داخل الأرض إلى قاع البحر، وعندما يختلط السائل الحار بماء البحر البارد تتكون جسيمات

الكبريتيد المعدنية. وتعتبر مواقع الفتحات الحرارية المائية واحات للحياة تسكنها مخلوقات غريبة. (المترجم)

[31←]

محاكمات ساحرات سالم The Salem Witch Trials؛ هي محاكمات تمت فى قرية تدعى سالم فى أمريكا عام 1692؛ حيث اتُّهمتْ 200 امرأة بممارسة السحر، وانتهت المحاكمات بإعدام 20 منهنَّ، وموت اثنتين فى السجن، وواحدة بسبب التعذيب. (المترجم)

[32←]

يوشيا ويدجوود (1730–1795) إنجليزيٌّ، وقد كان رجل صناعة الخزف، ومؤسس شركة ويدجوود التي يعود إليها الفضل في انتشار صناعة الفخار. (المترجم)

[33←]

أحد الرجال الذين ساعدوا على معرفة دورات الاندماج في النجوم يدعى هانس بيث، كان قد حصل على جائزة قدرها 500 دولار لقيامه بذلك، والتي استخدمها لرشوة المسؤولين النازيين ودفع نفقات إخراج والدته، وأثاث منزلها من ألمانيا. (المؤلف)

[34←]

حقيقة طريفة غير مؤكدة علميًّا: إنَّ علماء الفلك حددوا أنواعًا غريبة من النجوم التي تقوم بتصنيع البروميثيوم من خلال عملية غير معروفة. النجم الأكثر شهرة بينها يسمى برزبلسكي Przybylski. والشيء الغريب حقًّا هو أنه على عكس معظم عمليات الاندماج العميقة داخل النجوم، يتكون البروميثيوم على سطح النجم. من ناحية أخرى، إنه عنصر مشعٌّ جدًّا، وقصير العمر، ويحتاج إلى البقاء

مليون سنة ليخرج من الاندماج النوويِّ في مركز النجم إلى الطبقات الخارجية. (المؤلف)

[35←]

الاقتباسان المحذران في ورقة FH2 B هما: «إنها النجوم، النجوم فوق رؤوسنا، تحكم مصيرنا» (الملك لير، الفصل الرابع، المشهد الثالث)æ¡«المسؤولية يا عزيزي روبتس عن مذلتنا ليست مسؤولية الأبراج التي ولدنا فيها، وإنما نحن المسؤولون عنها...» (يوليوس قيصر، الفصل الأول، المشهد الثاني). (المؤلف)

[36←]

من الناحية التقنية، النجوم لا تشكل الحديد مباشرة. إنها تشكل أول مرة النيكل؛ العنصر الثامن والعشرين، من خلال دمج ذرتين من السيليكون معًا؛ العنصر الرابع

عشر. هذا النيكل غير مستقر، ومع ذلك، الغالبية العظمى منه تتحل إلى الحديد في غضون بضعة أشهر. (المؤلف)

[37←]

مذنب هالي بوب: كان مذنبًا من أوضح المذنبات التي ظهرت في القرن العشرين، وكان واضحًا للعين المجردة لمدة 18 شهرًا، وقد شوهد في 23 يوليو 1995. (المترجم)

[38←]

طائفة تسمى بوابة السماء Heaven’s Gate، تعتقد بالأجسام الغامضة، ومقرها سان دييغو، كاليفورنيا، تأسستْ في السبعينيات من القرن العشرين. كانوا يرتدون قمصانًا سوداء متشابهة، وينتعلون أحذية نايك الرياضية. (المترجم)

[39←]

كوكب المشتري يمكن أنْ يثير الاندماج مع الديوتيريوم - الهيدروجين «الثقيل» مع بروتون واحد ونيوترون واحد، إذا كانت كتلته ثلاث عشرة مرة ضعف كتلته الحالية. وبالنظر الى ندرة الديوتيريوم (1 من كل 6.500 جزيئات الهيدروجين)، فإنه سيكون نجمًا ضعيفًا جدًّا. ومع ذلك، لا يزال يؤخذ في الاعتبار. لإثارة اندماج الهيدروجين العادية، فإنَّ المشتري في حاجة إلى خمسة وسبعين ضعف كتلته الحالية. (المؤلف)

[40←]

الطقس في المريخ لا يختلف عن الطقس الغريب في كوكب المشتري أو عطارد، ولكنه يشكل في بعض الأوقات «ثلجًا» من بيروكسيد الهيدروجين. (المؤلف)

[41←]

لقد ساعد العنصر المحب للحديد الأوسيميوم والرينيوم العلماء أيضًا على إعادة بناء كيفية تشكل القمر من أثر تصادُم عنيف بين الكرة الأرضية الوليدة حينئذٍ وكويكب أو مذنب، فقد تكتل القمر من الحطام الناتج. (المؤلف)

[42←]

حسب الأسطورة، إنَّ آلهة نيميسس تعاقب المتكبرين، وتعمل على ألاَّ يشعر أيٌّ مخلوق على وجه الأرض بالفخر والغطرسة، وتعاقب بالضرب أيَّ شخص يدعي أنه أقوى من الآلهة. وقياسًا على نجم الشمس الرفيق، إذا كانت المخلوقات الأرضية (دعنا نقول: الديناصورات) قد تطورت نحو الذكاء الحقيقيِّ، فإنَّ نيميسس سوف يضربها قبل أنْ تحصل على القوة. (المؤلف)

[43←]

رجل القنطور Alpha Centauri أو ألفا القنطور، من نجوم كوكبة القنطور الأكثر ضياءً. وهو أقرب نظام نجميٍّ إلى الشّمس، ويوجد في نصف الكرة السماوية الجنوبيِّ. (المترجم)

[44←]

ومن المفارقات أنَّ الحركة الشاملة للشمس - إذا ما نظرنا إليها من بعيد - تشبه الدورات القديمة داخل العجلات وأفلاك التدوير التي اعتمد عليها الفلكيون القدماء لشرح مرحلة ما قبل كوبرنيكوس، ومركز الأرض الكون (لا يمكن أن يُطلق على الأرض لقب مركز بعد الآن). وبمثل ميشر والبروتينات [سيأتي لاحقًا– المترجم]، هذا مثال على الطبيعة الدوريّة لجميع الأفكار؛ حتى في العلم. (المؤلف)

[45←]

سحابة أورت Oort cloud سحابة كروية هائلة تحيط بالنظام الشمسيِّ، وتمتد لمسافة ثلاث سنوات ضوئية، وتقع على بعد حوالى 30 تريليون كيلومتر من الشمس. هذه المسافة الشاسعة موجودة على حافة جاذبية الشمس، وداخل هذه السحابة توجد المذنبات التي تعبر مليارات الكيلومترات، وهذه الأجسام مرتبطة بجاذبية ضعيفة للشمس، ويمكن أنْ تؤثر على مداراتها نجوم أو أيّ قوة أخرى، ويمكن أنْ تغير من مداراتها ومساراتها بكل سهولة. (موقع معلومات الكون - المترجم)

[46←]

كارل إدوارد ساجان (1934–1996) فلكيٌّ أمريكيٌّ من أبرز المساهمين في تبسيط علوم الفلك والفيزياء الفلكية وغيرها من العلوم الطبيعية. وكان له دور رائد في تعزيز

البحث عن المخلوقات الذكية خارج الكرة الأرضية. (المترجم)

[47←]

لمزيد من التفاصيل عن تاريخ الحرب الكيميائية، وخاصة عن تجربة القوات الأميركية، انظر إلى كتاب «الحرب الكيماوية في الحرب العالمية الأولى: التجربة الأمريكية، 1917–1918».

ehT :I raW dlroW ni erafraW lacimehC yb «¡1918–1917 ¡ecneirepxE naciremA Major Charles E. Heller. (المؤلف)

[48←]

توماس روبرت مالتوس (1766–1834) باحث سكانيٌّ واقتصاديٌّ سياسيٌّ إنجليزيٌّ. مشهور بنظرياته المؤثرة حول التكاثر السكانيِّ. له آراء عن حتمية النقص في المواد

الغذائية بالنسبة لزيادة السكان. إذ يرى أنَّ عدد السكان يزيد وفق متوالية هندسية، بينما يزيد الإنتاج الزراعي وفق متوالية حسابية؛ مما سيؤدي حتمًا إلى نقص الغذاء والسكن. (المترجم)

[49←]

من بين أشياء أخرى كثيرة يمكن أن يُنسب فيها الفضل إلى أمونيا فريتز هابر، طوَّر تشارلز تاونز أوَّلَ مايزر، وهو باكورة الليزر؛ وذلك باستخدام الأمونيا كعامل محفز. (المؤلف)

[50←]

اللوثرية مذهب البروتستانتية. يرجع تأسيسه إلى مارتن لوثر والذي كان راهبًا أوغسطينيًّا، حاول في القرن السادس عشر القيام بحركة إصلاحية في الكنيسة الكاثوليكية؛ فأدى ذلك لاصطدامه مع القيادات الكاثوليكية، فانفصل عنها

وأسس كنائس مستقلة ذات تنظيم وإدارة جديدين عُرِفت بالكنائس الإنجيلية أو البروتستانتية، كانت ألمانيا والبلدان الإسكندنافية أبرز مواطن انتشارها. (المترجم)

[51←]

أديب إنجليزيٌّ من أصل بولنديٍّ (1857–1924)، أصدر روايات مشهورة تدور أغلبها حول البحر، منها: «قلب الظلام»æ¡«تحت عين غريبة»æ¡«لورد جيم». كما أن له كتابًا بعنوان: «يوميات الكونغو، وغيرها من القطع غير المحصلة». (المترجم)

[52←]

مكعب روبيك: هو عبارة عن لغز على شكل مكعب ميكانيكيٍّ ثلاثيِّ الأبعاد، اختُرِع في عام 1974 من قِبل النحات الهنغاريِّ وأستاذ العمارة إرنو روبيك. ويعتبر على نطاق واسع أكثر الألعاب مبيعًا في العالم. (المترجم)

[53←]

لم يكن أوربان الشخص الوحيد الذي أصابه موزلي بالحرج؛ فقد دحض جهاز موزلي أيضًا ادعاء ماساتاكا أوغاوا باكتشافه عنصر النوبونيم «nipponium» كعنصر الرقم ثلاثة وأربعين (انظر إلى الفصل 8). (المؤلف)

[54←]

تجسد قصة بروميثيوس Prometheus من الميثولوجيا اليونانية العلاقة بين البشر وآلهتهم التي ترسل الموت والمصائب كثيرًا، وترسل أحيانًا الخير والبركة. (المترجم)

[55←]

بعد هذه العملية، سنَّت الحكومة البريطانية قانونًا بعدم السماح لعلمائها البارزين في القوات المسلحة بالانخراط في المهام القتالية. (المترجم)

[56←]

للاطلاع على روايات عن الأسباب والمعارك التي أدت إلى موت موزلي، اقرأ كتاب صنع القنبلة الذرية ريتشارد رودس drahciR yb bmoB cimotA eht fo gnikaM Rhodes. في الواقع، يُعد الكتاب أفضل رواية عن تاريخ العلوم في القرن العشرين كُتبتْ حتى الآن. (المؤلف)

[57←]

إيميليو جينو سيغري Emilio Segrè فيزيائيٌّ إيطاليٌّ أمريكيٌّ، حصل على جائزة نوبل عام 1959 لاكتشافه مضاد البروتون. (المترجم)

[58←]

تضمَّن المقال الذي نُشر في مجلة تايم عن اكتشاف العنصر واحد وستين نبأً سارًّا حول تسمية هذا العنصر: «هيئة طريفة اقترحت [تسميته] غروفزيم grovesium تيمنًا باللواء كثير الكلام ليزلي غروفز Leslie Groves

القائد العسكريِّ ورئيس مشروع القنبلة الذرية، ورمزه الكيميائيّ: «Grr». (المؤلف)

[59←]

إلى جانب الإلكترون نموذج باك مان للنواة، وضع العلماء في ذلك الوقت أيضًا نموذج «نظرية بودينج» Plum pudding model. وحسب هذه النظرية، يتم تخيُّل الذرة كإلكترونات مطمورة في حساء من الشحنات الموجبة مثل نواة البرقوق المحاطة بالبرقوق نفسه (روذرفورد دحض هذا عن طريق إثبات أنَّ النواة المدمجة موجودة). بعد اكتشاف الانشطار النوويِّ، اكتشف العلماء نموذج قطرة السائل Liquid Drop Model؛ أنوية كبيرة تنقسم مثل قطرة ماء على السطح إلى قطرتين. كان عمل ليز مايتنر حاسمًا في تطوير نموذج قطرة السائل. (المؤلف)

[60←]

طريقة مونت كارلو في الإحصاء الرياضيّ خوارزمية حسابية تتضمن تكرار التجربة بقيم بدائية عشوائية. وتستخدم هذه الطريقة عادة في أنظمة المحاكاة الرياضية والهندسية. (المترجم)

[61←]

اقتباس جورج دايسون يمكن قراءته في كتابه مشروع أوريون: القصة الحقيقية لمركبة الفضاء الذرية Project Orion: .pihsecapS cimotA eht fo yrotS eurT ehT (المؤلف)

[62←]

ظهر الاقتباس عن طريقة مونت كارلو كونه «على الخريطة المنهجية المعتادة، في أيِّ مكان وفي كل مكان في الوقت نفسه» في كتاب بيتر لويس الصورة والمنطق Peter Louis Galison’s Image and Logic. (المؤلف)

[63←]

نُشر مقال مجلة نيويوركر، في عدد 8 أبريل 1950. (المؤلف)

[64←]

من هو «Who is Who» عنوان لكتاب مرجعي يحتوي على معلومات عامة عن سِيَر ذاتية مختصرة عن مجموعة معينة من الأشخاص. (المترجم)

[65←]

إرنست ميلر همينغوي (1899–1961) كاتب أمريكيٌّ، يُعد من أهم الروائيين وكتاب القصة الأمريكيين. (المترجم)

[66←]

ثيودور روزفلت (1858–1919) كان نائب الرئيس الأمريكيِّ الخامس والعشرين، والرئيس الأمريكيَّ السادس

والعشرين، ويعتبر من الرؤساء الأمريكيين العظام. (المترجم)

[67←]

Bm باللغة الإنجليزية مختصر يعني «Bowel Movement حركة الأمعاء»؛ (المترجم)

[68←]

آلة روب غولدبرغ Rube Goldberg machine، آلة مخترعة غريبة، مبالَغ في هندستها، تقوم بتنفيذ مهمة بسيطة جدًّا بطريقة معقدة للغاية. استخدم هذا التعبيرَ رسامُ الكاريكاتير الأمريكيُّ، والمخترع روب غولدبرغ (1883– 1970).

[69←]

لمزيد من التفاصيل حول التجارب التي أدت إلى اكتشاف العناصر من 94 إلى 110، والاطلاع على معلومات

شخصية عن الرجل نفسه، انظر إلى السيرة الذاتية لغلين سيبورغ، «مغامرات في العصر الذريِّ» Adventures in the Atomic Age (شارك ابنه إريك في كتابتها).

الكتاب مثير للاهتمام؛ لأنَّ سيبورغ لعب دورًا كبيرًا في المجال العلميِّ، كما كان له دور واسع في السياسة لفترة طويلة من الزمان. (المؤلف)

[70←]

بالنسبة لسبوتنيك الأول؛ فهو أول قمر صناعيٍّ يسبح في الفضاء، أطلقه الاتحاد السوفياتي السابق في يوم 4 أكتوبر عام 1957 ضمن سلسلة الأقمار الصناعية السوفياتية. اعتُبر هذا القمر الصناعي سبقًا حققه الاتحاد السوفياتي ضد الولايات المتحدة الأمريكية في إطار الحرب الباردة التي لم تكن تشمل إظهار القدرة العسكرية فقط، بل تعدتْ ذلك إلى إظهار القدرة التقنية والبحثية لكلتا الدولتين. وكان

إطلاق هذا القمر الصناعيِّ بداية لسباق الفضاء بين القوتين العظميين. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[71←]

المكارثِّية: اتجاه سياسيٌّ رجعيٌّ، ظهر في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1950، ويهدف إلى تشديد الرقابة على الشيوعيين الذين يعملون في الدولة. ويُنسب هذا الاتجاه إلى عضو بمجلس الشيوخ الأمريكي اسمه جوزيف مكارثي، وكان رئيسًا لإحدى اللجان الفرعية بالمجلس، واتهم عددًا من موظفي الحكومة - وخاصة في وزارة الخارجية - مما أدى إلى حبس بعضهم بتهمة أنهم شيوعيون يعملون لمصلحة روسيا. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[72←]

المعلومات حول عدم وجود أشجار في نوريلسك ذُكِرتْ في موقع مجلة التايم، والتي وضعَتْ في عام 2007 نوريلسك كواحدة من المدن العشر الأكثر تلوثًا في العالم. انظر إلى:

gakcap/slaiceps/emit/moc.emit.tnetnoc//:ptth lmth.0,29569,1661031,00/tsiletelpmoc/se

(المؤلف)

[73←]

هذه تغطية مختصرة. كتبت القصة بتفاصيلها في مقال بعنوان «نقاشات دوريّة» في موقع Slate في يونيو 2009 /di/moc.etals.www//:ptth 2220300؛ وتناولت تفاصيل أكثر حول سبب استغراق الكوبرنيسيوم ثلاث عشرة سنة كاملة ليتحول من عنصر مؤقت إلى عنصر كامل العضوية في الجدول الدوريِّ. (المؤلف)

[74←]

الاثنا عشر عالمًا الذين ظهروا على غلاف المجلة بالإضافة إلى سيغري، وشوكلي، وبولينغ، هم العلماء: جورج بيدل، وتشارلز دريبر، وجون إندرز، ودونالد غلاسر، وجوشوا ليدربيرغ، وويلارد ليبي، وإدوارد بورسيل، وإزيدور رابي، وإدوارد تيلر، وتشارلز تاونز، وجيمس فان ألين، وروبرت وودوارد. كما تضمن مقال «رجال العام» كلمات كتبها شوكلي على أساس العِرق. كان يقصد بها المديح، ومن الواضح أنَّ رأيه في رالف بانش [الدبلوماسيِّ الأمريكيِّ] بدا غريبًا حتى في ذلك الوقت. وعند العودة إلى الماضي يبدو مزعجًا. تضمن المقال أيضًا أنَّ الأسطورة حول شوكلي المخترع الرئيس للترانزستور كانت بالفعل راسخة؛ فقد استأجرته مختبرات بيل تيليفون مباشرة بعد تخرُّجه من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في عام

1936. وكان عالم الفيزياء النظرية شوكلي ضمن فريق العلماء الذين أوجدوا طريقة لاستخدام ما خبت جذوة شهرته سابقًا، وهو استخدام السيليكون والجرمانيوم كجهاز كهروضوئيٍّ. بالتعاون مع فريقه، فاز شوكلي بجائزة نوبل في عمله على تحويل كتل الجرمانيوم في الترانزستور الأول وبلورات صغيرة أغنتْ سريعًا عن استخدام الأنابيب المفرغة في صناعة الإلكترونيات المزدهرة في البلاد. (المؤلف)

[75←]

باراسيلسوس (1493–1541) كان كيميائيًا وطبيبًا ومنجمًا وساحرًا، وهو نمساويٌّ من عصر النهضة. (المترجم)

[76←]

وحش لوخ نيس (لوش نس) مخلوق غير مؤكد الوجود، يُعتقد أنه سليل مجموعة باقية من الزواحف البحرية، على الرغم

من أن وصفه يختلف من شاهد لآخر. ويُقال إنه يسكن بحيرة لوخ نيس في أسكتلندا، التي تعتبر أكبر بحيرة مياه عذبة في بريطانيا العظمى. (المترجم)

[77←]

عمومًا، قطعتْ إيدا نودك شوطًا غير منتظم ككيميائية، وساعدتْ في إيجاد العنصر خمسة وسبعين، ولكن تعثر فريقها الذي يعمل مع العنصر ثلاثة وأربعين بسبب الأخطاء المتكررة. وكانت قد توقعت الانشطار النوويَّ من سنوات قبل أيِّ شخص آخر، ولكن في ذلك الوقت نفسه، بدأت تقول إنَّ الجدول الدوريَّ كان عديم الفائدة، لأنَّ تضاعُف النظائر الجديدة جعله غير عمليٍّ. ليس من الواضح سبب اعتقاد نودك أنَّ كل نظير كان عنصرًا بحد ذاته، لكنها فعلتْ ذلك، وحاولتْ إقناع الآخرين بأنَّ من المنطقيِّ إلغاء النظام الدوريِّ. (المؤلف)

[78←]

الاقتباس عن قول سيغري حول نودك والانشطار جاء من كتاب السيرة الذاتية إنريكو فيرمي: الفيزيائيّ Enrico Fermi: Physicist. (المؤلف)

[79←]

بولينغ مع زملائه هارفي إيتانو، وسيمور جوناثان سينغر، وإيبرت ويلز حددوا أنَّ وجود خلل في الهيموغلوبين يسبب فقر الدم المنجليَّ عن طريق عمل الخلايا التالفة من خلال التخثر في مجال كهربائيٍّ. خلايا الدم ذات الهيموغلوبين السليم تتحرك باتجاه واحد في المجال الكهربائيِّ، في حين تتحرك الخلايا المنجلية بالاتجاه المعاكس. هذا يعني أنَّ هذين النوعين من الجزيئات لديهما شحنات كهربائية متعاكسة؛ الفرق الذي يمكن أنْ ينشأ فقط على المستوى الجزيئيِّ؛ ذرة تلو ذرة. وأكَّد فرانسيس كريك في وقت لاحق

أنَّ ورقة بولينغ التي وضعتْ نظريته حول الأساس الجزيئيِّ لفقر الدم المنجليِّ كان لها تأثير كبير عليه؛ لأنه بالضبط نوع من البيولوجيا الجزيئية الجوهرية التي تهم كريك. (المؤلف)

[80←]

من المثير للاهتمام أنَّ علماء الأحياء عادوا ببطء مرة أخرى لدراسة رؤيتهم الأصلية من أيام ميشر في أنَّ البروتينات هي جميع علم الأحياء الوراثية ونهايته. شغلت الجيناتُ العلماءَ على مدى عقود، ولم يذهبوا عنها بعيدًا، ولكن العلماء يدركون الآن أنه لا يمكن اعتبار الجينات سبب التعقيد المذهل في الكائنات الحية؛ وذلك أكثر بكثير مما يجري. كان علم الجينوم عملاً أساسيًّا ومهمًّا، ولكن البروتيوميات [الدراسة الشاملة لجميع أصناف البروتينات وأنواعها] هي رأس المال الحقيقيُّ. (المؤلف)

[81←]

لكي تكون دقيقًا، تجارب الفيروسات مع الكبريت والفوسفور في عام 1952 التي أجراها ألفريد هيرشي ومارثا تشيس، لم تكن الأولى من نوعها لإثبات أنَّ (الدي إن أي) يحمل المعلومات الوراثية؛ فهذا الشرف يعود إلى عمل قام به أوزوالد أفري مع البكتيريا، والذي نُشر في عام 1944. على الرغم من أنَّ أفري وضح الدور الحقيقيَّ (الدي إن Ã í)، لم يكن عمله معتقدًا به على نطاق واسع في البداية. وبدأ الناس يقبلونه عام 1952، ولكن فقط بعد أنْ جذبتْ تجارب هيرشي وتشيس الناسَ، أمثال لينوس بولينغ للمشاركة في العمل على (الدي إن أي). الناس غالبًا ما يستشهدون بأفري - وروزاليند فرانكلين، التي قالت عن غير قصد لواتسون وكريك: إنَّ (الدي إن أي) كان الحلزون المزدوج - كمثال على الأشخاص المبعدين من

جوائز نوبل. لم يكنْ هذا التعبير دقيقًا تمامًا؛ إذ إنّ هذيْن العالميْن لم يفوزا حقًّا، ولكن كليهما قد توفيا قبل عام 1958، ولم يفز أحد بجائزة نوبل بسبب (الدي إن أي) حتى عام 1962. ولو أنهما كانا لا يزالان على قيد الحياة، لتقاسم أحدهما على الأقل الغنائم. (المؤلف)

[82←]

للاطلاع على الوثائق الأولية المتعلقة ببولينغ ومنافسيْه واتسون وكريك، انظر إلى الموقع الرائع من جامعة ولاية أوريغون التي أرشفتْ ونشرتْ محتويات مئات الأوراق الشخصية والخطابات التي كتبها بولينغ، وأنتجت أيضًا مادة وثائقية بعنوان: «لينوس بولينغ وسباق (الدي إن Ã í)» على الرابط:

elloclaiceps/ude.etatsnogero.yrarbiluso//:ptth lmth.xedni/and/gniluap/lloc/snoitc

[83←]

الأدينين والستتوسين والثيمين والجوانين، على التوالي. (المترجم)

[84←]

بعد كارثة (الدي إن أي)، آفا بولينغ - زوجة لينوس - وبَّخته. افترضتْ أنه كان يستطيع فك سر (الدي إن أي)؛ بولينغ لم يعمل كثيرًا على حساباته في البداية، قالت له آفا: «إذا كان [الحمض النوويُّ] مشكلة مهمة، فلماذا لم تعمل بجد في ذلك؟!». كان لينوس يحبها بعمق، وربما كان هذا سبب بقائه في معهد كاليفورنيا للتقنية وقتًا طويلاً وعدم انتقاله إلى بيركلي؛ على الرغم من أنَّ الأخير كان أقوى بكثير في ذلك الوقت. كان واحدٌ من أكثر أعضاء هيئة التدريس شهرة في بيركلي - روبرت أوبنهايمر، الذي

ترأس مشروع مانهاتن وقت لاحق - قد حاول إغواء آفا؛ الأمر الذي أشعل غضب لينوس. (المؤلف)

[85←]

كلمة أخيرة، حتى جائزة نوبل سيغري شُوِّهتْ لاحقًا باتهامات (ربما لا أساس لها) مثل أنه سرق الأفكار أثناء تصميم التجارب لاكتشاف البروتون المضاد. اعترف سيغري وزميله أوين تشامبرلين، بالعمل مع عالم فيزياء عنيف يُدعى أوريستى بيكشوني على طرق للتركيز وتوجيه حزم الجسيمات مع مغناطيس، لكنهما نفيا أنَّ أفكار بيكشوني كانت ذات فائدة كبيرة، ولذا لم يضعا اسمه كمؤلف على ورقة مهمة. ساعد بيكشوني في وقت لاحق في اكتشاف مضاد النيوترون. بعد فوز سيغري وتشامبرلين بالجائزة في عام 1959، ظل بيكشوني يشعر بالمرارة وتجاهل الأمر لسنوات، وأقام أخيرًا دعوى قضائية بقيمة 125,000 دولار

ضدهما في عام 1972، والتي رفضها القضاء، ليس لعدم وجود مكانة علمية له، ولكن لأنه قدمها بعد مرور أكثر من عقد من الزمان بعد وقوعها. في نعي منشور في صحيفة نيويورك تايمز في 27 أبريل 2002، كتب الدكتور وليام وينزل، العالم المرموق في مختبر لورنس بيركلي الوطنيِّ والذي عمل أيضًا على اكتشاف مضاد النيوترون، عن بيكشوني: «قد تُفاجأ به يقتحم عليك باب منزلك، ويقول لك إنه حصل على أفضل فكرة في العالم، وإنَّ لديه الكثير من الأفكار، يلقي بها بالعشرات في الدقيقة. بعضها جيد، وبعضها ليس كذلك. ومع ذلك، شعرت أنَّه كان فيزيائيًّا جيدًا وأسهم في تجربتنا». (المؤلف)

[86←]

السم العصبيُّ نوع من أنواع السموم التي تصيب الخلايا العصبية بشكل خاص؛ بواسطة التفاعل مع البروتين الغشائيِّ مثل القناة الأيونية. (المترجم)

[87←]

في عام 1995، عرض فيلم بعنوان The Young Poisoner’s Handbook يقوم على قصة جراهام فريدريك يونغ. (المترجم)

[88←]

لا يزال الناس يموتون من التسمم بالثاليوم اليوم. في عام 1994، وجد جنود روس يعملون في مستودع أسلحة من حقبة الحرب الباردة علبة من مسحوق أبيض مدسوس بها هذا العنصر. وعلى الرغم من عدم معرفته، مسحوا بالمسحوق أقدامهم وخلطوه مع التبغ. وهناك أخبار تفيد أنَّ بعض الجنود قد استنشقوه. بعد قليل، أصيب كل منهم

بمرض غامض لا يمكن التنبؤ به، وعدد قليل منهم توفي. وفي ملاحظة أكثر حزنًا، توفي طفلان من أبناء طيارين عراقيين حربيين في أوائل عام 2008 بعد تناول كعكة عيد ميلاد دُسَّ بها الثاليوم. ولم يكن الدافع وراء التسمم واضحًا؛ على الرغم من أنَّ صدام حسين قد استخدم الثاليوم إبان حكمه. (المؤلف)

[89←]

رسام هولندي، رائدٌ في مجال محاولة تمثيل المفارقات الرياضية عن طريق الفن. اشتهر بأعماله التصويرية الهزلية. (المترجم)

[90←]

تكنيكولور Technicolor: هو نظام الألوان، يجري فيه تحويل أفلام الأبيض والأسود إلى أفلام مدعومة بالألوان الثلاثة الرئيسة، وهي الأزرق والأحمر والأخضر. وجرى

تصنيعه في مدينة هوليوود السينمائية من عام 1922 إلى عام 1952. (المترجم)

[91←]

«في انتظار غودو» Waiting for Godot مسرحية لصموئيل بيكيت، استوحاها من لوحة لكاسبار ديفيد فريديريخ لرجلين ينظران إلى القمر. فغودو هو الغائب الذي ينتظره الجميع ولا يأتي. (المترجم)

[92←]

العديد من الصحف في ديترويت تعقبتْ ديفيد هان على مدى سنوات. لمعرفة تفاصيل أكثر عن قصة هان، انظر إلى مقال كين سيلفرشتاين في مجلة هاربر «ولد الكشافة المشع» «The Radioactive Boy Scout» (نوفمبر 1998). وسَّع سيلفرشتاين تاليًا المقال إلى كتاب يحمل الاسم نفسه. (المؤلف)

[93←]

بالإضافة إلى دراسة القشرة في أنف براهي، وجد علماء الآثار الذين فحصوا جسده علامات تسمُّم بالزئبق في شاربه؛ ربما كعلامة على نشاطه في الخيمياء. القصة المعروفة عن موت براهي هي أنه توفي نتيجة تمزُّق المثانة. ففي حفل عشاء مع نخبة من الطبقات العليا، شرب براهي كثيرًا، لكنه رفض الذهاب إلى الحمام لأنه يعتقد أنَّ مغادرة الطاولة قبل علية القوم تُعدُّ عملاً وقحًا. وعندما وصل إلى المنزل بعد ساعات، لم يستطع التبول، وتوفي في وقت لاحق بعد معاناة استمرتْ أحد عشر يومًا. اشتهرتْ هذه القصة جدًّا، ولكن من الممكن أنَّ التسمم بالزئبق أسهم بشكل ما في وفاة عالم الفلك. (المؤلف)

[94←]

تركيبة العناصر في عملات الولايات المتحدة: البنسات الجديدة (منذ عام 1982) هي 97.5 في المئة من الزنك مع طلاء رقيق من النحاس لتعقيم السطح المتعرض للَّمس عند التداول. (كانت البنسات القديمة 95 في المئة من النحاس). إن عملة السنتات الخمسة تشكل النحاس 75 في المئة منها والباقي نيكل. أمّا عملات السنتات العشرة، وربع الدولار ونصف الدولار، فهي 91.67 في المئة من النحاس والباقي نيكل. عملات الدولار المعدنية (إلى جانب الإصدار الخاص للعملات الذهبية) هي 88.5 في المئة نحاس، 6 في المئة زنك، 3.5 في المئة منغنيز و 2 في المئة نيكل. (المؤلف)

[95←]

المزيد من المعلومات عن الفاناديوم: بعض الكائنات تستخدم الفاناديوم في دمائها بدلاً من الحديد (لا أحد يعرف لماذا)؛

الأمر الذي يجعل دمها باللون الأحمر، أو الأخضر، أو الأزرق، حسب نوع الكائن. عندما يُرش الفاناديوم في الصلب فإنه يعزز كثيرًا السبائك دون إضافة الكثير من الوزن (مثل الكثير من الموليبدينوم والتنغستن، انظر إلى الفصل الخامس). في الواقع، قال هنري فورد ذات مرة للإجابة عن سبب ازدهار الفاناديوم: «السبب هو أنه بدون الفاناديوم لن تكون هناك أيٌّ سيارات!». (المؤلف)

[96←]

التشبيه المألوف بالحافلة لكيفية ملء الإلكترونات مداراتها، الذي يقوم على تصور فرض «شخص» ومضاعفته عدده، واحد من أفضل الأمثلة المحددة والدقيقة في الكيمياء. نشأ مع ولفغانغ باولي الذي اكتشف «مبدأ استبعاد باولي» في عام 1925. (المؤلف)

[97←]

إلى جانب الجادولينيوم، كثيرًا ما يُنظر إلى الذهب باعتباره أملاً مبشِّرًا لعلاج السرطان. الذهب يمتص موجات الضوء تحت الحمراء التي بطريقة ما تمر خلال الجسم، فيصبح دافئًا. وضْع الجزيئات المغلفة بالذهب داخل الخلايا السرطانية سمح للأطباء بحرق الأورام دون الإضرار بالأنسجة المحيطة بها. اخترع هذه الطريقة جون كانزيوس، وهو رجل أعمال وفني راديو خضع لست وثلاثين جرعة من العلاج الكيميائيِّ لسرطان الدم في بداية عام 2003. كان يشعر بالضيق من التعرض للعلاج الكيماويِّ - وأصابه الإحباط لرؤية الأطفال المصابين بالسرطان في المستشفى - وقرر أنه يجب أنْ تكون هناك طريقة أفضل. في منتصف الليل، راودته فكرة تسخين الجزيئات المعدنية، وقام ببناء نموذج أولي باستخدام أدوات من مطبخ زوجته. كانت تجربته هي حقْن نصف قطعة

نقانق بمحلول مكون من المعادن الذائبة، ووضعها في غرفة من موجات الراديو المكثفة. الجانب المحقون من النقانق أصبح ساخنًا، بينما ظل النصف الآخر باردًا. (المؤلف)

[98←]

نشرت مجلة ويرد خبرًا قصيرًا في عام 2003. عن دور الإنترنت في عودة ظهور «خرافة العلاج بالفضة». قال بيل روبرتسون، المدير الطبيُّ لمركز السموم في سياتل: «شهد الأطباءُ في جميع أنحاء البلاد زيادةً في حالات التفضض، في السنة والنصف الماضية رأيتُ ستَّ حالات تسمم بالفضة بسبب ما يسمى المكملات الغذائية الصحية، كانت تلك هي الحالات الأولى التي أراها خلال خمسين عامًا مارستُ فيها الطب». (المؤلف)

[99←]

هي حالة مرضية تحدُث نتيجة التعرض المزمن لعنصر الفضة، أو غبارها، أو لأحد مركباتها، ومن العلامات المميزة لهذا المرض لون جلد المريض الذي يكون مائلاً للونيْن: الأزرق، أو الأزرق المخضر. التفضض قد يكون عامًّا في جلد الجسد كله أو موضعيًّا. (المترجم)

[100←]

توسَّع قليلاً في ادعاء أنَّ المستوى الجزيئيَّ للبشر يساري الدوران. على الرغم من أنَّ كل البروتينات لدينا هي في الواقع يسارية، فإنَّ كل الكربوهيدرات لدينا، فضلاً عن (الدي إن أي) في أجسامنا، يمينية الدوران. بغض النظر، تبقى النقطة الرئيسة لدى باستير أنه في سياقات مختلفة يمكن لأجسامنا معالجة جزيئات من يدوانية معينة فقط، وخلايانا لا تكون قادرة على نقل (الدي إن أي) يساريِّ

الدوران، وإذا تغذينا على السكريات يسارية الدوران فإنَّ أجسامنا ستجوع. (المؤلف)

[101←]

الصبيُّ الصغير الذي يدعى جوزيف مايستر والذي أنقذه باستير من داء الكلب، أصبح في ما بعد وصيًّا على مبنى معهد باستير. وفي قصة مأساويّة ومؤثرة، بينما كان في عمله في عام 1940 عندما اجتاح الجنود الألمان فرنسا، طالبه أحد الضباط بالمفاتيح لفتح مدفن باستير ليرى الضابط عظام هذا الأخير، فرفض مايستر ذلك، وفضَّل الانتحار على أن يُنتهك قبرُ منقذه. (المؤلف)

[102←]

عمل دوماك لصالح شركة فاربن اندستري، وأصبحتْ لاحقًا سيئة السمعة في جميع أنحاء العالم لتصنيعها المبيدات الحشرية (زيكلون ب)، والتي استخدمها النازيون على

سجناء أحد المعسكرات (انظر إلى الفصل الخامس). خسرت الشركة بعد وقت قصير من الحرب العالمية الثانية، والعديد من أعضاء مجلس إدارتها واجهوا اتهامات بارتكاب جرائم حرب لتمكينهم الحكومة النازية في الحرب العدوانية وإساءة معاملة السجناء والجنود الأسرى. (المؤلف)

[103←]

ومع ذلك، إنَّ الكون يبدو «كايرال» على مستويات أخرى أيضًا، بداية من أقلّ من الذرة إلى المجرة العظمى. تحلل بيتا المشع من الكوبالت 60 عملية غير متماثلة، ولقد رأى علماء الكون الأدلة الأولية على أنَّ المجرات تلتف بشكل لولبيٍّ عكس اتجاه عقارب الساعة في المجرة أعلى القطب الشماليِّ، وفي اتجاه عقارب الساعة تحت القارة القطبية الجنوبية. (المؤلف)

[104←]

اكتشف وليام نولز الجزيء عن طريق كسر الرابطة الثنائية.

عندما يشكل الكربون روابط ثنائية، لديه فقط ثلاث «ŰÑĐÃ» تخرج منه؛ اثنتان من الرابطة الأحادية وواحدة ثنائية. (لا تزال هناك ثمانية إلكترونات، ولكنها تتشارك الروابط الثلاث) ذرات الكربون مع الروابط الثنائية عادة ما تكون جزيئات ثلاثية، حيث إنَّ الترتيب ثلاثي الزوايا يبقي إلكتروناته بعيدًا بقدر الإمكان (120 درجة). عندما تنفصل الرابطة الثنائية، تصبح أذرع الكربون الثلاث أربعًا. في هذه الحالة، لتحافظ على الإلكترونات تبقى بعيدة بقدر الإمكان، ليس من خلال المربع المسطح، ولكن من خلال الشكل رباعي الأوجه ثلاثيِّ الأبعاد. (الرؤوس في المربع المسطح منفصلة 90 درجة. في رباعي الأوجه هي 109.5 درجة على حدة). ولكن الذراع الإضافيَّة يمكن أنْ

تنبثق فوق أو تحت الجزيء؛ مما يؤدي بدوره إلى إعطاء الجزيء إما يدوانية شكل أيسر أو شكل أيمن. (المؤلف)

[105←]

الفلكرو: اسم تجاريٌّ لشريط رابط يتألف من شريط من النايلون على سطحه خطاطيف دقيقة تتشابك مع شريط مقابل على سطحه وبر غير مقصوص، يستخدم بشكل أساسيّ في المنتجات القماشية، والحقائب، والأحذية. (المترجم)

[106←]

روى لي أحد الأساتذة في كُلِّيتي سابقًا قصة مثيرة عن موت مجموعة من الناس جرّاء الاختناق بالنيتروجين في مسرِّع الجسيمات في لوس ألاموس في الستينيات؛ في ظل ظروف مشابهة جدًّا لحادث ناسا. بعد ذلك الحادث المأساويِّ في لوس ألاموس، أضاف أستاذي 5 في المئة

من غاز ثاني أكسيد الكربون إلى مخاليط غازية في المسرعات التي كان يعمل عليها، كإجراء وقائيٍّ. وكتب لي في وقت لاحق: «وبالمناسبة، أنا لم أختبرها لمدة عام، عندما قام أحد طلاب الدراسات العليا لدينا بفعل الشيء نفسه بالضبط [أيْ إنه نسي أنْ يضخ الهواء الخامل خارجًا، ويسمح للهواء المحمل بالأكسيجين في الدخول]. دخلتُ وعاء الضغط المليء بالغاز الخامل.... ولكن ليس حقًا، [لأنه] بحلول الوقت الذي أدخلت فيه كتفيَّ من خلال الثقب كنتُ بالفعل في حالة يرثى لها؛ بسبب تلهفي على التنفس أكثر! أوامر من مركز التنفس لديَّ. يحتوي الهواء عادة 0.03 في المئة CO_2، لذا كنت أحاول التنفس من هذا الهواء المخدر الذي كان أقوى بحوالى 167 مرة». (المؤلف)

[107←]

فنسنت إدوارد «بو» جاكسون «Bo» Jackson لاعب البيسبول وكرة القدم الأمريكيّ المشهور. (ولد في 1962)؛ ويعدُّ من أعظم الرياضيين في العالم. (المؤلف)

[108←]

في تصريح مشين، اعترفت الحكومة الأمريكية في عام 1999 بأنها تعلم بتعرُّض ما يصل إلى ستة وعشرين ألفًا من العلماء والفنيين لمستويات عالية من مسحوق البريليوم، لدرجة أنَّ المئات منهم أصيبوا بأمراض البريليوم المزمنة وأمراض أخرى شبيهة، ومعظمهم تسمّموا أثناء العمل في مشروعات الفضاء، والدفاع، أو الطاقة الذرية. (المؤلف)

[109←]

هو أحد الأنواع الخمسة للذوق إلى جانب الحلو، والحامض، والمر، والمالح. كلمة أومامي كلمة مستعارة من الكلمة

اليابانية أومامي، وتعني «الطعم اللاذع اللطيف».

(المترجم)

[110←]

ومع ذلك، يعتقد العلماء في مركز مونيل للحواس الكيميائية في فيلادلفيا أنه بالإضافة إلى الحلو والحامض والمالح والمر، وأومامي، يوجد لدى البشر طعمٌ فريد منفصل للكالسيوم أيضًا. لقد وجدوه لدى الفئران، وبعض البشر يتفاعلون مع الماء الغنيِّ بالكالسيوم كذلك. فكيف يبدو طعم الكالسيوم إذًا؟ في الإعلان عن النتائج قال مايكل تورداف Michael Tordoff: «مذاق الكالسيوم (كاسليومي)، ليست هناك كلمة أفضل من تلك. كان مرًّا، وربما مع قليل من الحامض. لكنه أكثر من ذلك بكثير لأنَّ هناك مستقبلات فعلية للكالسيوم». (المؤلف)

[111←]

يمكن أنْ تفقد براعم الذوق الحامضة الطعم أيضًا. تعود براعم الذوق هذه في معظمها إلى أيون الهيدروجين +H. ولكن في عام 2009، اكتشف العلماء أنه يمكنها تذوُّق ثاني أكسيد الكربون أيضًا. (CO 2 يجمع مع H O2 لصنع حمض ضعيف، H 3OC2، وقد يكون هذا هو السبب في ظهور براعم الذوق هذه). اكتشف الأطباء هذا لأنَّ بعض الأدوية - كأثر جانبيٍّ - تزيل القدرة على تذوُّق ثاني أكسيد الكربون، وتؤدي إلى حالة طبية تعرف باسم «champagne blues»، حيث تصير كل المشروبات الغازية بلا طعم. (المؤلف)

[112←]

«حادثة حزب شاي بوسطن» (Boston Tea Party) عام 1773، هي واقعة قام فيها محتجون في ميناء بوسطن

بإلقاء الشاي الإنجليزي من البواخر في البحر، مطالبين بإلغاء قانون ضريبة الشاي. (المترجم)

[113←]

بيير قد لا يعيش على أي حال حياة عادية. في مقولة مؤثرة، ذكر روثرفورد مرة أنه كان يراقب بيير كوري وهو يقوم بتجربة مذهلة، حيث لمع وجهه في الظلام مع توهج الراديوم، ولكن بتوهج أخضر ضعيف، لاحظ روثرفورد ندوبًا منتفخة على أصابع بيير الملتهبة، ورأى كيف كان من الصعب بالنسبة له الإمساك بأنبوب الاختبار. (المؤلف)

[114←]

لمزيد من التفاصيل حول كوري خاصة، انظر إلى الكتاب الرائع The Quantum Ten، الرواية عن الفترة الأولى

للجدل المستغرب والمنقسم عن ميكانيكا الكم، حوالى عام 1925. (المؤلف)

[115←]

كان الضحية الأكثر شهرة لجنون الراديوم هو قطب صناعة الصلب إبين بايرز الذي واظب على شرب زجاجة من مياه الراديوم Radithor كل يوم لمدة أربع سنوات؛ اقتناعًا منه أنها ستحقق له الخلود، وانتهى به المطاف بالموت بمرض السرطان. لم يكن بايرز متحمسًا حول النشاط الإشعاعيِّ أكثر من غيره من الناس، وكان مجرد وسيلة لشرب أكبر قدر من الماء كما تمنى. (المؤلف)

[116←]

للاطلاع على القصة الحقيقية لاكتشاف الهافنيوم، انظر إلى كتاب إريك شيري الجدول الدوريّ Eric Scerri’s The Periodic Table. إنه رواية دقيقة وتوثيق بطريقة رائعة

لتطوُّر نظام الجدول الدوريِّ، بما في ذلك وجهات نظر وفلسفات غريبة في كثير من الأحيان، من الأشخاص الذين أسسوه. (المؤلف)

[117←]

الهون مجموعة من الرعاة الرحل الذين ظهروا من وراء نهر الفولجا وهاجروا إلى أوروبا الشرقية حوالى 370 ميلاديًا، وقاموا ببناء إمبراطورية ضخمة في أوروبا. (المترجم)

[118←]

أتيلا الهوني ملك قديم عاش ما بين العامين (395–453م). كان آخر حكام الهون وأقواهم. (المترجم)

[119←]

أجرى هيفيشي تجارب الماء الثقيل على السمك الذهبيِّ فضلاً عن نفسه، وانتهى به الأمر إلى قتل عدد منها. استخدم جيلبرت لويس أيضًا الماء الثقيل في محاولة أخيرة

للفوز بجائزة نوبل في وقت مبكر من الثلاثينيات. كان لويس يعرف أنَّ اكتشاف هارولد أوري الديوتيريوم - الهيدروجين الثقيل مع نيوترونات إضافية - سيؤهله حتمًا للفوز بجائزة نوبل، كما عرف ذلك كل علماء العالم، بمن في ذلك أوري. وبعد انتهاء خدمته الباهتة في أغلبها، عاد إلى بيته مباشرة بعد اكتشاف الديوتيريوم وقال لزوجته: «حبيبتي، لقد انتهت مشاكلنا!». قرر لويس ربط نفسه بهذه الجائزة، عن طريق التحقيق المستمر في الآثار البيولوجية للمياه المصنوعة من الهيدروجين الثقيل. الفكرة نفسها كانت تراود آخرين، ولكن قسم الفيزياء ببيركلي - برئاسة إرنست لورنس - كان لديه بالصدفة البحتة أكبر إمداد في العالم من المياه الثقيلة؛ إذ كان لدى الفريق خزان من المياه كان يستخدم لسنوات في تجارب النشاط الإشعاعي، ويحتوي على تركيز مرتفع نسبيًّا من الماء

الثقيل (بضع أونصات). توسل لويس إلى لورانس للسماح له بتنقية الماء الثقيل، وافق لورانس على شرط أنْ يعيده لويس بعد تجاربه، لأنه مهمٌّ بالنسبة لبحوث لورنس أيضًا. ولكن لويس نكث بوعده؛ بعد عزله الماء الثقيل، قرر أنْ يسقيه لأحد فئران التجارب وينظر إلى ما سيحدث. أحد التأثيرات الغريبة للماء الثقيل هو أنه مثل مياه المحيطات؛ كلما شربتَ منه أكثر ازددتَ عطشًا؛ لأنَّ الجسم لا يمكنه استقلابه. ابتلع هيفيشي كميات ضئيلة من الماء الثقيل، ولم يلاحظه جسده، لكن فأر لويس ابتلع كل الماء الثقيل في بضع ساعات وانتهى الأمر به ميتًا. قتْل فأر كان ممارسة كفيلة لجلب جائزة نوبل، وحزن لورنس عندما علم أنَّ أحد القوارض بالَ كلَّ ما قدمه من الماء الثقيل الثمين. (المؤلف)

[120←]

ماكس فون لاوِه Max von Laue (1879–1960) عالم ألمانيٌّ قدم إسهامات في مجال علم الفيزياء وعلم البلورات وانعراج الأشعة السينية خصوصًا. مُنح جائزة نوبل في الفيزياء عام 1914. (المترجم)

[121←]

جيمس فرانك James Franck (1882–1964) كان عالم فيزياء ألمانيًّا. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1925 عن إنجازاته في مبدأ فرانك - كوندون، وتجربة فرانك - هيرتس التي أثبتتْ صحة نموذج بور للذرة. (المترجم)

[122←]

ستيفان ابن كازيميرز فاجنز أستاذ فخريٌّ الآن في الطب الباطنيِّ في كلية الطب بجامعة ولاية ميشيغان. وقد تفضل وزودني بمعلومات في رسالة بالبريد الإلكتروني جاء فيها:

«في عام 1924 كنت في السادسة من العمر، ولكن لم أسمع في ذلك الوقت ولا في السنوات التالية من والدي الكثير من جوانب قصة جائزة نوبل. نشرت صحيفة ستوكهولم عنوانًا «فاجنر يفوز بجائزة نوبل» (أنا لا أعرف ما إذا كانت في الكيمياء أو الفيزياء) لم تكن إشاعة وإنما كانت واقعًا. أتذكر رؤية نسخة من تلك الصحيفة. أتذكر أيضًا رؤية الصورة التي نشرتها تلك الصحيفة لوالدي أمام مبنى في ستوكهولم (ربما التُقطتْ في وقت سابق) في لباس شبه رسميٍّ ولكنه ليس [رسميًّا] في ذلك الوقت... ما سمعتُه أن عضوًا مؤثرًا في اللجنة منع الجائزة عن والدي لأسباب شخصية. سواء أكان ذلك إشاعة أو حقيقة فمن المستحيل معرفة الحقيقة إلا بالاطلاع على محاضر تلك الاجتماعات، وأعتقد أنها سرية. أنا متأكد من أنَّ والدي كان يتوقع الفوز بجائزة نوبل كما ألمح إلى ذلك بعض

الناس الذين يعرفونه. وقال إنه من المنتظر أنْ يحصل عليها في السنوات التالية... ولكن ذلك لم يحدث قط، كما تعلمون». (المؤلف)

[123←]

ليز مايتنر وهان أطلقا في الحقيقة على اسم العنصر بروتوكتينيوم «protoactinium». وفقط في عام 1949 قام العلماء باختصاره عن طريق إزالة الحرف (o) المتكرر. (المؤلف)

[124←]

هناك تفصيل رائع عن ليز وهان، ومنح جائزة نوبل في مجلة «الفيزياء اليوم» Physics Today عدد سبتمبر عام 1997 «قصة ظلم نوبل بعد الحرب». هذا المقال مصدر اقتباسي حول فقدان ليز مايتنر الجائزة بسبب «تحيز صارم، وبلادة سياسية، وجهل، وتسرُّع». (المؤلف)

[125←]

كازيميرز فاجنز (1887–1975)، كيميائيٌّ وفيزيائيٌ أمريكيٌّ من أصل بولنديٍّ، ورائد في النشاط الإشعاعيِّ. (المترجم)

[126←]

عندما يتم اقتراح اسم للعنصر، يحصل على فرصة واحدة فقط في الظهور في الجدول الدوريِّ. وإذا كانت الأدلة للعنصر غير كافية، أو إذا قرر الاتحاد الدوليُّ للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) رفض اسم عنصر، فإنه يوضع في القائمة السوداء. قد يبدو هذا متفقًا في حالة أوتو هان، لكنه يعني أيضًا أن لا أحد يستطيع تسمية عنصر جوليوتيم «joliotium» من أسم إيرين أو فريدريك جوليو كوري، حيث أنَّ جوليوتيم «joliotium» كان سابقًا اسمًا مرشحًا رسميًّا للعنصر 105. ومن غير الواضح ما

إذا كان غراسيوم «ghiorsium» لديه فرصة أخرى. ربما يكون اسم آل غراسيوم «alghiorsium» مناسبًا، على الرغم من استهجان الاتحاد الدولي استخدام الأسماء الأولى والأخيرة؛ في واقع الأمر رفضوا مرة نيلزبوريوم «nielsbohrium» لصالح الاسم العادي بوريم «bohrium» للعنصر 107؛ وهو القرار الذي لم يرُق لفريق ألمانيا الغربية الذي اكتشف العنصر 107، حيث أنَّ بوريم «bohrium» يشبه إلى حد كبير البورون والباريوم.

[127←]

ببليوس أوفيديوس ناسو (43 ãÞ. - ã17)، المعروف بلقب أوفيد. هو شاعر رومانيٌّ قديم، من أشهر أعماله «التحولات» (Metamorphoses) عام 8م، والتي كانت عن الميثولوجيا الإغريقية والرومانية. (المترجم)

[128←]

áÅ æëÇÕë (وتعني المُذهّب) هو الاسم الذي أطلق في البداية على ملك أو زعيم كهنة في إحدى قبائل أمريكا الجنوبية، والذي يقال إنه يغطي نفسه بغبار الذهب في احتفال دينيٍّ سنويٍّ يُقام قرب سانتا في دي بوغوتا، وذلك قرب مدينة أسطورية تدعى مانوا أو أوموا في أرض خرافية، حيث يوجد بها الذهب والأحجار الكريمة بوفرة. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[129←]

حقيقة اكتشاف مركبات ذهب التيلوريوم في جبال كولورادو تبرز في اسم موقع التعدين المحليِّ، تيلورايد، كولورادو. (المؤلف)

[130←]

مذكرات الجدول الدوريِّ: عبارة عن مجموعة من القصص القصيرة التي كتبها بريمو ليفي، والتي نشرت في عام 1975، وسُميت على اسم الجدول الدوريِّ في الكيمياء. في عام 2006 اختارها المعهد الملكيُّ لبريطانيا العظمى كأفضل كتاب علميٍّ. (المترجم)

[131←]

حجر الفلاسفة مادة خرافية يُعتقد أنها تستطيع تحويل الفلزات الرخيصة (كالرصاص) إلى ذهب، ويمكن استخدامه في صنع إكسير الحياة. (المترجم)

[132←]

قانون مور يقول إنَّ عدد الترانزستورات على رقاقة السيليكون سوف يتضاعف كل ثمانية عشر شهرًا، وبشكل مثير للدهشة كان صحيحًا منذ الستينيات. لو طبق القانون على للألومنيوم، فقد تنتج الكوا 400,000 باوند من الألمنيوم

يوميًّا في غضون عقديْن من البدء، وليس فقط 88,000. فعل الألومنيوم جيدًا، ولكن ليس جيدًّا بما يكفي للتغلب على جاره في الجدول الدوريِّ. (المؤلف)

[133←]

هناك بعض الاختلاف حول حجم ثروة تشارلز هول بعد وفاته. ولكن ثلاثين مليون دولار كانت الحد الأقصى. قد يكون الارتباك بسبب أنه توفي في عام 1914 ولم ينتهِ حصر تركته إلا بعد أربعة عشر عامًا، وذهب ثلثها لكلية أوبرلين. (المؤلف)

[134←]

سيبيل بيدفورد: كاتبة إنجليزية، ألمانية المولد (1911–2006). أكثر أعمالها يندرج تحت نوع السيرة الذاتية. وصفتها جوليا نويبيرغر «بأروع امرأة كاتبة في القرن

العشرين»، في حين وصفها بروس تشاتوين بأنها «واحدة من أعظم كُتّاب النثر الإنجليزي الحديث». (المترجم)

[135←]

عبارة سيبيل بيدفورد اقتبستْ من روايتها «ËÑÅ» «A Legacy». (المؤلف)

[136←]

كواسيمودو شخصية وهمية في رواية أحدب نوتردام (1831) التي كتبها فيكتور هوغو. (المترجم)

[137←]

النيتونيون Neptunists إشارة إلى نبتيون إله البحر عند الإغريق، لأنهم كانوا يعتقدون أنَّ معظم الصخور أصلها من البحر. (المترجم)

[138←]

البلوتونيون Plutonists هم مؤيدو النظرية الجيولوجية التي تقول إنّ الصخور التي تشكل الأرض، تشكلت بسبب النشاط البركانيِّ. (المترجم)

[139←]

فرانكشتاين: شخصية خيالية ظهرت في رواية الكاتبة ماري شيلي في الكتاب فرانكنشتاين، وقد اشتهرت هذا الشخصية، وألهمت العديد من الأفلام وبرامج التلفاز وفي عالم الأفلام الخيالية. (المترجم)

[140←]

مدام دي پومپادور كانت سيدة أرستقراطية مثقفة، أثَّرتْ بشكل كبير في النواحي الثقافية والفنية والسياسية في البلاط الفرنسيِّ، وكانت عشيقة لويس الخامس عشر في الفترة من 1745 حتى وفاتها. (المترجم)

[141←]

سمى دوبرينير هذه المجموعات من العناصر «الانتخابية»؛ وليس «الثالوث» وهي جزء من نظرية أكبر من المواد الكيميائية الانتخابية؛ المصطلح مصدر إلهام من عنوان رواية غوته «الألفة الانتخابية». (المؤلف)

[142←]

العدادة: علم معاني الأرقام الثلاثية، الدراسة الغيبية لمعاني الأرقام وتأثيرها المزعوم على حياة الإنسان. (المترجم)

[143←]

آخر تصميم مهيب مستوحى من العناصر هو الجدول الدوريُّ الخشبيُّ، وهو عبارة عن طاولة بناها ثيودور غراي تحوي أكثر من مائة فتحة من الأعلى، والتي وضع فيها غراي عيناتٍ من كل عنصر موجود، بما في ذلك العناصر التي من صنع الإنسان. بطبيعة الحال، كانت لديه كميات دقيقة فقط منها. عينتاه من الفرانسيوم

والأستاتين - والاثنان من العناصر الطبيعية النادرة - في الواقع كتلة من اليورانيوم. (المؤلف)

[144←]

بندقية كتف ذات ماسورة ملساء، استُخدمت منذ أواخر القرن السادس عشر. (المترجم)

[145←]

فرودو باغنز هو إحدى الشخصيات الرئيسة في سلسلة سيد الخواتم الخيالية. ينتمي فرودو إلى شعب الهوبيت. يأخذ فرودو على عاتقه حماية الخاتم وإيصاله لجبل الهلاك وجبال الموريا. ولكن الخاتم بدأت قوته تضعف، ويحمله على ارتدائه، وكان دليله إلى جبل الهلاك. (المترجم)

[146←]

نص رسالة توين إلى شركة ريمنجتن (التي نشرته حرفيًّا) هو كما يلي: «السادة الأفاضل، يرجى عدم استخدام اسمي في

أيِّ شكل من أشكال الدعاية. ولا أريد من فضلكم الكشف عن أنني أملك آلة كاتبة. في الواقع، لقد توقفتُ تمامًا عن استخدام آلة الطباعة؛ وذلك لأنني لا أستطيع أبدًا أنْ أكتب رسالة بها إلى أيِّ شخص دون تلقي الرد على بريدي يتضمن رغبته في أنْ أصف له الآلة. أنا لا أحب أن أكتب بها هذه الرسائل؛ لذا لا أريد أنْ يعرف الناس أنني أملك هذه الآلة الصغيرة مثيرة الفضول. وتفضلوا بقبول فائق الاحترام. صمويل لانغهورن كليمنس».

(المؤلف)

[147←]

عندما كان فولتير على فراش الموت، طلب منه القسيس أنْ يتبرأ من الشيطان ويعود إلى إيمانه، يقال إنَّ إجابته كانت: «لا وقت لديَّ الآن لأكتسب المزيد من العداوات.»

(المترجم)

[148←]

كاليجولا إمبراطور رومانيٌّ. وهو أشهر طاغية في التاريخ الإنسانيِّ، ومعروف بوحشيته وجنونه وساديته. (المترجم)

[149←]

الشعر الاعترافي confessional poetry: نوع من الشعر يتناول الشاعر فيه مواضيع شخصية بعمق وبصراحة غير معتادة. اشتهر هذا النوع في أواخر الخمسينيات والستينيات. ويرجع ذلك في جزء منه إلى الدراسات التي قامت على حياة روبرت لويل. (المترجم)

[150←]

ألفريد تنيسون (1809–1892) شاعر إنجليزيٌّ من أبرز شعراء القرن التاسع عشر. من أشهر أعماله قصيدة «الذكرى»، وديوانه الشعري «الأميرة». نظم عدة قصائد في المناسبات، مثل: «أناشيد الملك». ويعد تنيسون أستاذًا

للشعر الغنائيِّ، كما يعد الشاعر الذي يمثل عصره. (المترجم)

[151←]

جون ميلتون (1608–1674) شاعر وعالم إنجليزيٌّ من القرن السابع عشر، يعرف أكثر لقصيدة «الفردوس المفقود». أصيب في فترة لاحقة من حياته بالعمى، وكتب حول ذلك قصيدة مكونة من 14 بيتًا شعريًّا. يعتبر جون ميلتون من أبرز شعراء الأدب الإنجليزيِّ. (المترجم)

[152←]

تينيسي وليامز (1911–1983)، كاتب مسرحيٌّ أمريكيٌّ، نال العديد من الجوائز عن أعماله المسرحية؛ مثل جائزة بولتزر للمسرح عام 1948 عن مسرحية «عربة اسمها الرغبة». (المترجم)

[153←]

الكلب الأسود: رمز مستمد من الأدب الشعبيِّ في الجزر البريطانية. ويرمز في كثير من الأحيان إلى الشيطان، واعتبر ظهوره بمثابة نذير الموت. (المترجم)

[154←]

جاءت هذه العبارة «العلْم المِرضيُّ» «pathological science» على لسان الكيميائيِّ إرفينغ لانغموير الذي ألقى خطابًا حول هذا الموضوع في الخمسينيات. هناك ملاحظتان جديرتان بالاهتمام على لانغموير. الأولى أنه كان أصغر الفائزين بجائزة نوبل سنًّا، وأكثرهم جاذبية، وتصرفه المشين على الغداء دفع جيلبرت لويس إلى أن يقتل نفسه (انظر إلى الفصل الأول). والثانية أنه في وقت لاحق في حياته، نما لدى لانغموير هاجس إمكانية التحكم في الطقس بواسطة الاستمطار؛ العملية المشوشة التي تقترب بشكل وثيق لتصبح علمًا مرَضيًّا بذاته. ولا يمكن

لأحد أنْ يأمن من الإصابة بالعلم المرضيِّ حتى العظماء. في كتابة هذا الفصل، اختلفتُ بعض الشيء مع تعريف لانغموير للعلم المرضيِّ الذي كان ضيقًا ومحدودًا نوعا ما. هناك تعريف آخر للعلم المرضيِّ وضعه دينيس روسو الذي كتب مقالاً قيِّمًا باسم «دراسات حالات في العلم المرضيِّ» في مجلة American Scientist في عام 1992. ومع ذلك، فقد اختلفتُ أيضًا مع روسو؛ لشموله علومًا مثل علم المتحجرات، كحالات أكثر شهرة من العلم المرضي، وهي لا تقدم بياناتها مثل العلوم أخرى. (المؤلف)

[155←]

توفي فيليب كروكس، شقيق وليام، على متن سفينة كانت تضع الكابلات في الأطلسيّ لأول خطوط التلغراف. (المؤلف)

[156←]

ويجا Ouija: من الأساطير، هو لوح مسطح رُسمت عليه كل الأحرف والأرقام ورموز أخرى، وبه مؤشر متحرك، يُزعم أنه يمكن استخدامه للتحدث إلى الأرواح أو الأموات؛ حيث يقوم المشاركان بوضع إصبعيهما على المؤشر ويحركانه حسب الإجابات. (المترجم)

[157←]

كان لدى وليام كروكس اعتقادٌ بنظرة غامضة في الطبيعة عن وحدة الوجود، كل شيء يشارك من «نوع واحد وحيد من المادة». هذا ربما يفسر اعتقاده أنه من الممكن التواصل مع الأشباح والأرواح؛ لأنها كانت جزءًا من المادة نفسها. إذا كنتَ تعتقد ذلك الرأي شديد الغرابة، فاعلم أنَّ كروكس نفسه اكتشف عناصر جديدة، والتي بحكم تعريفها تعتبر أشكالاً مختلفة من المادة! (المؤلف)

[158←]

الميثامفيتامين هو أحد أنواع المخدّرات ضمن مجموعة الأمفيتامين، وهو عقار منبه يسبب الإدمان الشديد. (المترجم)

[159←]

معركة لتل بيج هورن (1876) وقعتْ بين مقاتلين متحالفين من الهنود الحمر من قبائل لاكوتا وشايان الشمالية وأراباهو من جهة، وفوج الفرسان السابع في الجيش الأمريكيِّ من جهة أخرى. (المترجم)

[160←]

اللِّيسينكووية مذهب في التطوّر العضويِّ، وضعه حوالى العام 1930م العالم البيولوجيُّ السوفياتيُّ تروفيم ليسينكو. (المترجم)

[161←]

في رابط غريب آخر بين العناصر وعلم النفس، كتب أوليفر ساكس في كتاب الاستيقاظ أنَّ جرعة زائدة من المنغنيز يمكنْ أنْ تتلف الدماغ البشريَّ، وتسبب النوع نفسه من مرض باركنسون الذي كان يعالجه في مستشفاه. إنه سبب نادر من مرض باركنسون، لا يفهم الأطباء تمامًا لماذا يستهدف هذا العنصر الدماغ، في حين أنَّ العناصر الأكثر سمية تستهدف الأعضاء الحيوية الأخرى؟! (المؤلف)

[162←]

الحديقة الجوراسية: هي سلسلة أفلام أمريكية، وتدور أحداثها حول إنشاء حديقة للكائنات المنقرضة في إحدى جُزر كوستاريكا النائية، ويتم استنساخ عدة فصائل من الديناصورات عن طريق أخذ المادة الوراثية الخاصة منها أو من الحشرات المحفوظة داخل الحديقة، ولكن

الديناصورات تفلت من محبسها؛ وتنطلق في الجزيرة لتنشر الدمار. (المترجم)

[163←]

المنطقة 51 هي الاسم المستعار للقاعدة العسكرية التي تقع في الجزء الجنوبيِّ من ولاية نيفادا في غرب الولايات المتحدة. السرية الشديدة التي تحيط بالقاعدة جُعِلت موضوع محور لنظريات المؤامرة، ووجود ما يشبه الأطباق الطائرة (UFO). (المترجم)

[164←]

الكراكن: وحوش أسطورية بدأتْ في الظهور مع بدايات الرحلات البحرية الطويلة والكبيرة. وظهرت هذه الأسطورة بالتحديد في بلاد النرويج وآيسلندا. (المترجم)

[165←]

وزن الفيل الأفريقيِّ على النحو التالي: وفقًا لحديقة حيوان سان دييغو، إنَّ أضخم فيل سُجل على الإطلاق كان وزنه حوالى 24,000 باوند. خلق البشر وكذلك الفيلة من الشيء الأساسيِّ نفسه، الماء، وبالتالي كثافتهما هي نفسها. لمعرفة الحجم النسبيِّ إذا كان للبشر شهية من البلاديوم، يمكننا بالتالي مجرد مضاعفة الوزن من رجل 250 باوندًا في 900 وتقسيم هذا العدد (225.000) من وزن الفيل. هذا يعني ابتلاع 9.4 فيلة. ولكن تذكر، هذا هو أضخم فيل، بطول ثلاث عشرة قدمًا، أما وزن الفيل العادي فهو أقرب إلى 18,000 باوند؛ مما يعني ابتلاع حوالى اثني عشر فيلاً. (المؤلف)

[166←]

منطاد هيندنبورغ: هو منطاد ألمانيٌّ لنقل الركاب، تحطَّم عام 1937 أثناء هبوطه بمطار ليكهرست في نيو جيرسي

قادمًا من فرانكفورت بسبب اشتعال الهيدروجين الذي يحمل المنطاد، وقد أسفر هذا الحادث عن مقتل 36 راكبًا من بين 96 كانوا على متنه، ووضعتْ هذه الكارثة نهاية استخدام المناطيد في خدمات الركاب المنتظمة. (المترجم)

[167←]

كان عنوان المقال ديفيد غودستاين على الاندماج البارد: Whatever Happened to Cold Fusion؛ ظهر في عدد خريف 1994 في مجلة American Scholar. (المؤلف)

[168←]

ظهرت النظرية القائلة إن جذام القصدير - على أصح تقدير - هو السبب في مصير روبرت فالكون سكوت المأساويِّ، في مقال نشرته نيويورك تايمز. على الرغم من أنَّ المقال طرح نظرية مفادها أنَّ سبب الفشل كان

القصدير نفسه؛ أي الأسطوانات، التي خزن بها فريق سكوت المواد الغذائية والإمدادات الأخرى؛ فبعد فترة من الوقت فقط، بدأ الناس في إلقاء اللوم على تفكُّك لحام القصدير. هناك تباين واسع وغريب أيضًا، حيث زعم بعض المؤرخين أنه استخدم للحام بالإضافة إلى أختام الجلود، القصديرُ النقيُّ، ومزيج القصدير والرصاص، وهلم جرًّا. (المؤلف)

[169←]

البلازما هي في الواقع الشكل الأكثر شيوعًا للمادة في الكون، لأنها المكون الرئيس للنجوم. يمكنك أنْ تجد في الطبقات العليا من الغلاف الجويِّ للأرض (وإن كانت باردة جدًّا) البلازما، حيث الأشعة الكونية من الشمس تؤيِّن جزيئات الغاز المعزولة. هذه الأشعة تساعد في إنتاج ضوء طبيعيٍّ غريب معروف باسم الشفق القطبيِّ Aurora

Borealis في أقصى الشمال. مثل هذه التصادمات عالية السرعة تنتج أيضًا المادة المضادة. (المؤلف)

[170←]

تشمل الغروانية الأخرى الجيلي، والضباب، والكريم المخفوق، وبعض أنواع الزجاج الملون. الرغاوي الصلبة (المذكورة في الفصل السابع عشر)، التي تتخللها فترة غاز، هي غروانية أيضًا. (المؤلف)

[171←]

أجرى بارتليت التجربة الحاسمة يوم الجمعة، واستغرق إعدادها منه يومًا كاملاً. بحلول الوقت الذي كسر فيه ختم الزجاج ورأى التفاعل يبدأ، وكان ذلك بعد الساعة السابعة مساءً، خرج من المعمل وبدأ في الهتاف للزملاء. كان كل واحد منهم قد عاد بالفعل إلى منزله في عطلة نهاية الأسبوع واضطر للاحتفال وحده. (المؤلف)

[172←]

بيض فابرجي مجوهرات ثمينة من صنع الصائغ الروسي بيتر كارل فابرجيه على شكل بيضات. هذه البيضات مصنوعة من معادن ثمينة، ومزينة بزخارف من المينا والأحجار الكريمة. اعتُبرت هذه البيضات قمة الإبداع في فن الصياغة، وأصبح مصطلح بيضة فابرجي مرادفًا للبذخ. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[173←]

في كارثة مروعة وقعتْ تالياً، تسبب واحد من الثلاثي BCS، وهو شريفر، في مقتل شخصين، وأصاب آخر بالشلل، وجرح خمسة آخرين في حادث سيارة مروع على طريق كاليفورنيا السريع. في وقت سابق للحادث، وعقابًا له على تسع مخالفات لتجاوز السرعة، عُلقت رخصة شريفر ذي الأربعة والسبعين عامًا، لكنه قرر أنْ يقود

سيارته الرياضية الجديدة من نوع مرسيدس من سان فرانسيسكو إلى سانتا باربرا على أيِّ حال، وكان معدل سرعته في خانة المئات، ورغم ذلك استطاع أنْ يغفو على عجلة القيادة؛ فاصطدم بسيارة فان بسرعة 111 ميلاً في الساعة، وحُكم عليه بالسجن لمدة ثمانية أشهر في سجن المقاطعة على ذمة التحقيق، وحينها قال القاضي إن شريفر «يحتاج أنْ يذوق طعم سجن الولاية». ونقلت وكالة أسوشيتدبرس، قول زميل سابق له، هو ليون كوبر: «هذا ليس بوب الذي عملت معه... ليس هذا هو بوب الذي أعرفه!». (المؤلف)

[174←]

الآن، لتبسيط شرحي الجامد قليلاً، هناك بضعة أسباب وجيهة تفسر سبب خلط الكثير من الناس بين مبدأ الريبة وفكرة أنَّ قياس شيء ما يغيِّر الشيء الذي تحاول قياسه،

أو ما يسمى تأثير الملاحظ. فوتونات الضوء تقريبًا هي أصغر الأدوات التي يستخدمها العلماء لبحث الأشياء. ولكن الفوتونات ليست أصغر بكثير من الإلكترونات، والبروتونات، أو الجزيئات الأخرى. في الكثير من تجارب فيزياء الكم الخلاقة، رصْد دوران جسيم أو سرعته أو موقعه يغيِّر من واقع التجربة بطريقة غريبة. ومع ذلك، في حين أنه من الإنصاف القول بضرورة أنْ تفهم مبدأ الريبة لفهم أيِّ تغيير يحدث، يكون سبب التغيير في حد ذاته هو تأثير الملاحظة؛ وهي ظاهرة متميزة. بالطبع، يبدو من المرجح أنَّ السبب الحقيقيَّ في خلط الناس بين الاثنين هو أننا - كمجتمع - بحاجة إلى رمز لتغيير شيء ما عن طريق القيام بملاحظته، ومبدأ الريبة يملأ هذه الحاجة. (المؤلف)

[175←]

كان خطأ بوز إحصائيًا. إذا أردتَ معرفة احتمالات الحصول على الصورة أو الكتابة في تقليب العملة المعدنية، يمكنك تحديد الإجابة الصحيحة (نصف) من خلال النظر في كل الاحتمالات الأربعة:ÃÃ¡ È È¡ÃÈ ÈæÈ¡Ã. بوز تعامل أساسًا مع أ ب، وب أ باعتبارهما النتيجة نفسها؛ وبالتالي حصل على إجابة بثلاثة احتمالات. (المؤلف)

[176←]

جامعة كولورادو لديها موقع مميز مخصص لشرح مكثف بوز أينشتاين (BEC)، مع عدد من الرسوم المتحركة والأدوات التفاعلية:

.ceb/2000/scisyhp/ude.odaroloc.www//:ptth

كورنيل ووايمان تقاسما جائزة نوبل مع فولفغانغ كيتيرل؛ وهو فيزيائيٌّ ألمانيٌّ كوَّن أيضًا BEC، بعد وقت ليس

طويل من كورنيل ووايمان، وقد ساعد كيتيرل في استكشاف خصائصه غير العادية. للأسف، فقد كورنيل تقريبًا فرصة التمتع بحياته وامتيازات اعتباره أحد الفائزين بجائزة نوبل؛ فقبل أيام معدودة من عيد القديسين عام 2004، أُدخل المستشفى مصابًا «بأنفلونزا» وألم بالكتف، ثم سقط في غيبوبة. كانت عدوى بكتيرية بسيطة انتشرت وسببت التهاب اللفافة الناخرة؛ وهي عدوى شديدة في الأنسجة الرخوة غالبًا ما يُشار إليها باسم البكتيريا آكلة اللحم! بتر الجراحون ذراعه اليسرى وكتفه لوقف العدوى، لكنهم لم ينجحوا في إيقافها. ظل كورنيل شبه حيٍّ لمدة ثلاثة أسابيع، حتى استقرت حالته وشُفي تمامًا. (المؤلف)

[177←]

الدخول الجويُّ، أو رجع الدخول، مصطلح يُطلَق على حركة الأجسام الطبيعية، أو تلك التي من صنع الإنسان عند

دخولها الغلاف الجويّ لجرم سماويّ من الفضاء الخارجيٍّ. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[178←]

بنيامين فرانكلين (1706–1790) أحد أبرزِ الآباء المؤسسين للولايات المتحدة، وعالم في الفيزياء. (المترجم)

[179←]

روبرت بويل (1627–1691) عالم وفليسوف ومخترع. برع في علمي الفيزياء والكيمياء، ويعتبر من رواد الكيمياء الحديثة. ومن جملة اكتشافات بويل الشهيرة، جهوده بشأن علاقة ضغط الغازات بحجمها، والتي لا تزال تعرف إلى الآن بقانون بويل. (موسوعة المعرفة - المترجم)

[180←]

عبارة للقسم كانت تستخدم في القرون الوسطى. (المترجم)

[181←]

جيمس هاتون (1726–1797) طبيب وجيولوجيٌّ وفيزيائيٌّ، وصانع كيميائيٌّ، ومزارع تجريبيٌّ اسكتلنديٌّ. ذاعت شهرته بسبب نظريته حول أصل الكرة الأرضية. ويُلقب بأبي الجيولوجيا الحديثة. (المترجم)

[←182]

هي علامة تجارية أمريكية لحلوى صلبة من النعناع على شكل حلقات، بألوان مختلفة بطعم الفاكهة، تغلَّف برقائق الألومنيوم. (المترجم)

[←183]

كتب بيترمان عن وقوعه في حب الضيائية الصوتية وعملها المهنيِّ، في مقال نشر بعدد فبراير 1995 بمجلة Scientific American، وعدد مايو 1998 وعدد أغسطس عام 1999 في مجلة Physics World. (المؤلف)

[184←]

صفير الكلب (المعروف أيضًا باسم الصفير الصامت أو صفير جالتون) نوع من الصوت ينبعث في نطاق الموجات فوق الصوتية، ولا يستطيع البشر سماعه، وتسمعه بعض الحيوانات الأخرى، بما في ذلك الكلاب، ويستخدم في تدريبهم. اكتشف في عام 1876 على يد فرانسيس جالتون. (المترجم)

[185←]

لعبت واحدة من النظريات المهمة في بحوث الفقاعات دورًا مثيرًا للاهتمام في دورة الألعاب الأولمبية عام 2008 في الصين. في عام 1993، توصل اثنان من علماء الفيزياء من جامعة ترينيتي في دبلن: روبرت فيلان ودينيس وير، إلى حل جديد «لمشكلة كلفن»: كيف تكون هيكل رغوة مع أقل مساحة ممكنة؟ كان كلفن قد أشار إلى تكوين رغوة

من الفقاعات متعددة الأضلاع، لكل منها أربعة عشر جانبًا، ولكن الثنائي الأيرلندي زاد عليه مجموعة تتراوح من اثني عشر - وأربعة عشر - جانبًا مضلعًا، وحدّ من مساحة السطح بنسبة 0.3 في المئة. في ما يخص دورة الألعاب الأولمبية 2008، أدخلت شركة معمارية عمل فيلان ووير في تصميم «صندوق الفقاعات» الشهير وتنفيذه؛ حوض السباحة (المعروف باسم مكعب المياه) في بكين، الذي شهد أداء مايكل فيلبس الرائع. وخشية من الاتهام بالتحيز الإيجابي، فإنَّ هناك مجالاً آخر نشط للبحث في هذه الأيام هو «ضد الفقاعات». فبدلاً من أنْ تكون مجالات رقيقة من السائل منتفخة ببعض الهواء (كما هي الفقاعات)، فإنَّ ضد الفقاعات كراتٌ رقيقة من الهواء تحمل بعض السائل. وبطبيعة الحال، بدلاً من أنْ تطفو الفقاعات، فإنها تغرق! (المؤلف)

[186←]

الخطوة الأولى في طلب معايرة جديدة للكيلوغرام الرسميِّ للبلد هي إرسال نموذج فاكس يتضمن: 1– توضيح كيفية نقل الكيلوغرام من خلال أمن المطار والجمارك الفرنسية. 2– توضيح ما إذا كنتَ تريد أنْ تقوم BIPM بغسله قبل وبعد القيام بالقياسات. يتم غسل الكيلوغرام الرسميِّ في حوض من الأسيتون - المكون الأساسيّ في مزيل طلاء الأظافر - ثم يجفَّف بتربيت لطيف بقماش قطنيٍّ خالٍ من الوبر. بعد الغسل الأول وبعد كل حمل، يترك فريق BIPM الكيلوغرام يستقر لبضعة أيام قبل لمسه مرة أخرى. مع عمليات التنظيف والقياس يمكن أنْ تطول المعايرة بسهولة لعدة أشهر. الولايات المتحدة لديها بالفعل اثنان من الكيلوغرام البلاتين والإيريديوم، 4Kæ20K، مع 20K كونه النسخة الرسمية؛ لأنه ببساطة موجود في حوزة

الولايات المتحدة لفترة أطول. لدى الولايات المتحدة أيضًا ثلاث نسخ، ولكنها جميعها رسمية ومصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ. اثنتان منها طلبهما المعهد الوطنيُّ الأمريكيُّ للمعايير والتكنولوجيا المكتسبة خلال السنوات القليلة الماضية. (كونهما من الفولاذ المقاوم للصدأ جعلهما أكبر كثافة من أسطوانة البلاتين الإيريديوم). مشقة وصولهم بالأسطوانة إلى باريس، بالإضافة إلى صداع أمن المطار، يفسران السبب وراء عدم كون زينة جبور في عجلة من أمرها لإرسال K 20 إلى باريس! مقارنتها مع أسطوانات المعايرة من الفولاذ مؤخرًا تكاد تكون جيدة. استدعى مكتب BIPM - ثلاث مرات في القرن الماضي - الكيلوجرامات الوطنية الرسمية في العالم إلى باريس من أجل المعايرة الشاملة. ولكن، لا توجد خطط للقيام بذلك مرة أخرى في المستقبل القريب. (المؤلف)

[187←]

لكي تكون دقيقًا، تستند ساعات السيزيوم على التقسيم فائق الدقة للإلكترونات. التقسيم الدقيق للإلكترونات يشبه الفرق بين النصف تون، في حين أنَّ التقسيم فائق الدقة هو مثل وجود اختلاف في الربع تون أو حتى الثُّمن تون. في هذه الأيام، لا تزال ساعات السيزيوم معيارًا عالميًّا، ولكن ساعات الروبيديوم قد حلت محلها في معظم التطبيقات لأنها أصغر حجمًا وأسرع حركة. في الواقع، غالبًا ما استحوذت ساعات الروبيديوم على المقارنة وتنسيق معايير الوقت في أجزاء مختلفة من العالم؛ تمامًا مثل النموذج المعياريّ الدوليّ للكيلوجرام. (المؤلف)

[188←]

في سفر الرؤيا، ورد أنَّ ملك بابل دعا إليه ألفًا من عظماء مملكته لحفل كبير، وفي لحظة ابتهاجهم ظهرت يد إنسان

على الحائط، وكتبت ثلاث كلمات غامضة المعنى وهي: MENE (منا)¡ TEKEL (تقيل)¡ PARSIN (فرسين)º فذهل الملك عندما رأى هذه الكلمات، وطلب منجميه لفكِّ رموز هذه الشفرة، ولم يتمكن واحد منهم من التفسير؛ فعرف أنَّ فيها مصيره، فالبابليون يعتقدون أنَّ قرارات الآلهة ضدهم تسجل في السماء على ألواح المصير أو القدر. (المترجم)

[←189]

في الوقت نفسه تقريبًا الذي كان إدينجتون يعمل فيه على ألفا، أثبت العالم الفيزيائيُّ الكبير بول ديراك لأول مرة فكرة عدم الثبات. على المستوى الذرِّي، يقلل الجذب الكهربائيُّ بين البروتونات والإلكترونات قوة الجاذبية بينهما. في الواقع، تبلغ النسبة حوالى 10^40، لا تقاس أكبر 10.000 تريليون تريليون تريليون مرة. بحث ديراك أيضًا

في مدى سرعة مرور الإلكترونات عبر الذرات، وقارن هذا مع جزء من نانوثانية من الوقت الذي تستغرقه أشعة الضوء لتمر عبر الكون كله. وللمفأجاة، بلغت هذه النسبة 10^40! غير مصدق، كلما نظر ديراك أكثر برزت هذه النسبة أكثر: حجم الكون مقارنة مع حجم الإلكترون، وكتلة الكون بالمقارنة مع كتلة البروتون، وهكذا... (وفي مشهد آخر، إدينجتون أيضًا شهد مرة واحدة بأنَّ هناك حوالى 10^40 ضرب 10^40 بروتونات وإلكترونات في الكون). عمومًا، ديراك وغيره أصبحوا على قناعة بأنَّ بعض القوانين غير المعروفة في الفيزياء أجبرتْ تلك النسب على أنْ تكون نفسها. وكانت المشكلة الوحيدة أنَّ بعض النسب كانت تستند إلى أرقام متغيرة؛ مثل حجم الكون الآخذ في الاتساع. للحفاظ على النسبة متساوية، ضرب ديراك على فكرة متطرفة؛ وهي أنَّ الجاذبية

أصبحت أضعف مع مرور الوقت. وهذه الفكرة كان من الممكن أنْ تحل اللغز إذا كان ثابت الجاذبية قد تقلص. تهاوتْ أفكار ديراك بسرعة. بين عيوب أخرى، أشار العلماء إلى أنَّ سطوع النجوم يعتمد بشكل كبير على ثابت الجاذبية. وإذا كان ثابت الجاذبية أعلى من ذلك بكثير في الماضي، فلن يكون في الأرض محيطات، حيث إنَّ الأشعة ستغلي الماء وتبخره على كل حال. ولكن بحث ديراك ألهم آخرين. في ذروة هذا البحث، في الخمسينيات، أشار أحد العلماء واقترح أنَّ جميع الثوابت الأساسية في تناقص مستمر، وهو ما يعني أنَّ الكون لن يكبر كما كان يُعتقد عادة، بل إنَّ الأرض والبشر يتقلصون! عمومًا، تاريخ الثوابت المتغيرة يشبه تاريخ الخيمياء؛ فحتى العلوم الحقيقيّة من الصعب نخلها من الغيبيات. يميل العلماء إلى

الاستشهاد بعدم الثبات لشرح أبعاد ما يحدث من أسرار الكون في حقبة معينة، مثل توسع الكون. (المؤلف)

[190←]

لمزيد من التفاصيل عن عمل علماء الفلك الأستراليين، انظر إلى مقال كتبه أحدهم، جون ويب، ونُشر في مجلة Physics World، عدد أبريل 2003، بعنوان: Are the Laws of Nature Changing with Time؟ (المؤلف)

[191←]

في تطورات أخرى عن ألفا، تساءل العلماء منذ فترة طويلة: لماذا الفيزيائيون في جميع أنحاء العالم لا يمكنهم أنْ يوافقوا على معدلات التحلل النوويِّ من بعض الذرات المشعة؟ التجارب كانت واضحة، لذلك ليس هناك أيٌّ سبب يفسر توصُّل الفرق المختلفة إلى إجابات مختلفة.

ومع ذلك، استمرت التناقضات لعنصر بعد عنصر: السيليكون، والراديوم، والمنغنيز، والتيتانيوم، والسيزيوم، وهلم جرًّا. في محاولة لحل هذا اللغز، أشار العلماء في إنجلترا إلى أنَّ الفرق سجلتْ معدلات انحلال مختلفة في أوقات مختلفة من السنة. ثم أشار الفريق الإنجليزي برأي مبتكر هو أنَّ ثابت البناء الدقيق ربما يختلف تبعًا لدوران الأرض حول الشمس؛ لأنَّ الأرض تقترب من الشمس في أوقات معينة من السنة. هناك تفسيرات أخرى ممكنة لاختلاف معدل الانحلال بشكل دوريٍّ، ولكن ألفا المتغيرة من أكثر الأشياء إثارة للاهتمام، وسيكون من الرائع إذا كانت ألفا حقًّا تتغير كثيرًا حتى داخل نظامنا الشمسيِّ! (المؤلف)

[192←]

هناك صورة مشهورة لإنريكو فيرمي واقفًا بجانب سبورة مكتوب عليها تعريف معادلة ألفا؛ ثابت البناء الدقيق. الشيء الغريب في الصورة هو أنَّ فيرمي قلَب المعادلة جزئيًّا رأسًا على عقب. المعادلة الصحيحة هي ألفا = hc/2e، حيث e = شحنة الإلكترون، h = ثابت بلانك (h) مقسومًا على cæ2π = سرعة الضوء. المعادلة في الصورة تقرأ: ألفا = h ec/2. ليس من الواضح إنْ كان فيرمي قد قام بخطأ عفويٍّ، أو إن كان ذلك مجرد مزاح مع المصور. (المؤلف)

[193←]

جزيرة الثبات: مصطلح يُستخدم في الفيزياء النووية، ويصف إمكانية أنْ يكون للعنصر «رقم سحريّ» معين ثابت للبروتونات والنيوترونات. تلك الأعداد السحرية تسمح

لنظائر معينة أنْ تكون أكثر ثباتًا عن النظائر الأخرى. (المترجم)

[194←]

الكابياء الخنزيرية نوع من القوارض، تنشط في الطبيعة ليلاً للبحث عن الغذاء. (المترجم)

[195←]

التيرانوصور: هو ديناصور ضخم من أقوى الديناصورات الآكلة للحوم وأشرسها. وهو ذو ذراعيْن قصيرتيْن، وفكَّيْن غاية في القوة تحيط بهما عضلات بالغة الشدة، ويبلغ طول كل فكٍّ أكثر من متر. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[196←]

القوة الثالثة من القوى الأساسية الأربع هي القوة النووية الضعيفة التي تحكم كيفية خضوع الذرات لتحلل بيتا. إنها حقيقة غريبة أنَّ الفرانسيوم يكافح؛ لأنَّ القوة النووية القوية

والقوة الكهرومغناطيسية تتصارعان في داخله. ومع ذلك، إن العنصر يفصل في النزاع بتوجيه نداء إلى القوة النووية الضعيفة. القوة الأساسية الرابعة هي الجاذبية. القوة النووية القوية هي أقوى مائة مرة من القوة الكهرومغناطيسية. والقوة الكهرومغناطيسية أقوى بمائة مليار مرة من القوة النووية الضعيفة. القوة النووية الضعيفة بدورها أقوى بعشرة ملايين مليار مرة من الجاذبية. (لإعطائك بعض الشعور بالحجم، هذا هو العدد نفسه الذي استخدمناه في حساب ندرة الأستاتين). الجاذبية تهيمن على حياتنا اليومية فقط؛ لأنَّ القوى النووية القوية والضعيفة لديها مدى قصير، وتوازن البروتونات والإلكترونات من حولنا مساوٍ بما يكفي لإلغاء معظم القوى الكهرومغناطيسية. (المؤلف)

[197←]

خندق ماريانا: هو أعمق نقطة في سطح الكرة الأرضية، ويقع في غرب المحيط الهادئ إلى الشرق من جزر ماريانا الشمالية. (المترجم)

[198←]

بولنيزيا هي مجموعة كبيرة لأكثر من 1000 جزيرة منتشرة في المحيط الهادئ المركزيِّ والجنوبيِّ. (المترجم)

[199←]

بعد عقود من جهود العلماء لتكوين عناصر فائقة الثقل بمشقة، ذرة بعد ذرة، في عام 2008 ادعى أحد العلماء الإسرائيليين أنه وجد العنصر 122 بالعودة إلى الكيمياء على الطراز القديم. بعد غربلة استمرتْ عدة أشهر لعينة من الثوريوم الطبيعيِّ، قريب العنصر الكيميائيِّ 122 في الجدول الدوريِّ، ادعى الفريقُ بقيادة أمنون مارينوف في النهاية أنه قد حدد عددًا من ذرات العنصر الثقيل. وكان

الجزء المجنون بالتجربة ليس فقط الادعاء بأنَّ مثل هذا الأسلوب العتيق أسفر عن عنصر جديد، بل كان الادعاء أنَّ العنصر 122 له نصف عمر أكثر من 100 مليون سنة! هذا الجنون، في الواقع، جعل العديد من العلماء يتشككون. الادعاء أصبح مهزوزًا وضعيفًا، ورغم هذا لم يتراجع الإسرائيليون عن ادعائهم حتى أواخر عام 2009. (المؤلف)

[200←]

التسمية الثنائية في علم الأحياء هي اسم الطريقة الرسمية لتسمية الأنواع الحية. تتألف من تركيب مصطلحين: اسم الجنس واسم النوع. مع أنَّ تفاصيل التسمية تختلف من حالة إلى أخرى. (المترجم)

[201←]

الرمز الشريطيّ (وينطق باركود) عبارة عن خطوط ضوئية لبيانات قابلة للقراءة من قِبل الحاسبات. (المترجم)

[202←]

حول تراجع اللغة اللاتينية، ما عدا في الجدول الدوريِّ: لأيِّ سبب كان، عندما حصل فريق ألمانيا الغربية على العنصر 108 في عام 1984، قرروا تسميته (هيسيام) hassium، من اسم لاتينيٍّ لجزء من ألمانيا (هيس)، بدلاً من تسميته (دوتشلانديم) deutschlandium أو شيء من هذا القبيل. (المؤلف)

[203←]

الفيرومونات (Pheromone) جزيئات عضوية معقدة، تُستعمل لنقل الإشارة من حيوان لآخر، وهي أكثر خصوصية من الروائح؛ حيث يستطيع الكائن المستهدف استكشافها بكميات ضئيلة جدًّا عندما يحملها الهواء، وعادةً

تكون مخففة جدًّا ونوعية التأثير على الأحياء. تهدف لجذب الحيوانات لبعضها؛ كلٌّ حسب نوعه في موسم التزاوج، أو للتنبيه من خطر محدق، أو الإرشاد إلى مكان وجود الغذاء، وتعتبر أحد أنواع البروتينات التي تستخدمها الحشرات لعدة أغراض. (الموسوعة الحرة - المترجم)

[204←]

في أوكسفورد، إنجلترا، رُسمتْ رموز عناصر الجدول الدوريِّ بألوان زاهية على إطارات سيارات الأجرة والحافلات التي تدور في جميع أنحاء المدينة وهياكلها. إنها ليست نسخة جديدة من الجدول الدوريِّ، ولكن من المؤكد أنها وسيلة جديدة لتقديمه. هذا الأسطول تحت رعاية حديقة العلوم في أكسفورد، يمكنك أنْ ترى الصور على الموقع:

egamImorfswengro.seripsnidrofxo.www//:ptth mth.skroW

كما يمكنك أيضًا عرض الجدول الدوريِّ بأكثر من مائتي لغة مختلفة، بما في ذلك اللغات الميتة مثل القبطية والهيروغليفية المصرية، في الموقع:

delhyv/mvonac~/zc.udeih.mygrej.www//:ptth lmth.2icimehc/va

[205←]

شريط موبيوس سطح وحيد الجانب one–sided ينجم من شريط ورقيٍّ تُلصق حافتاه دون تدويرهما. إنَّ حشرة ما موجودة على شريط موبيوس تستطيع بلوغ أيِّ نقطة منه دون أنْ تتجاوز حدود الشريط. (الموسوعة العربية - المترجم)

[206←]

برج الشياطين، هو برج مكون من كتل صخور نارية، يقع في مقاطعة كروك، شمال شرق وايومنغ، يرتفع 386 متر

فوق التضاريس المحيطة به، وترتفع قمته 1.559 متر فوق مستوى سطح البحر. (الموسوعة الحرة - المترجم)